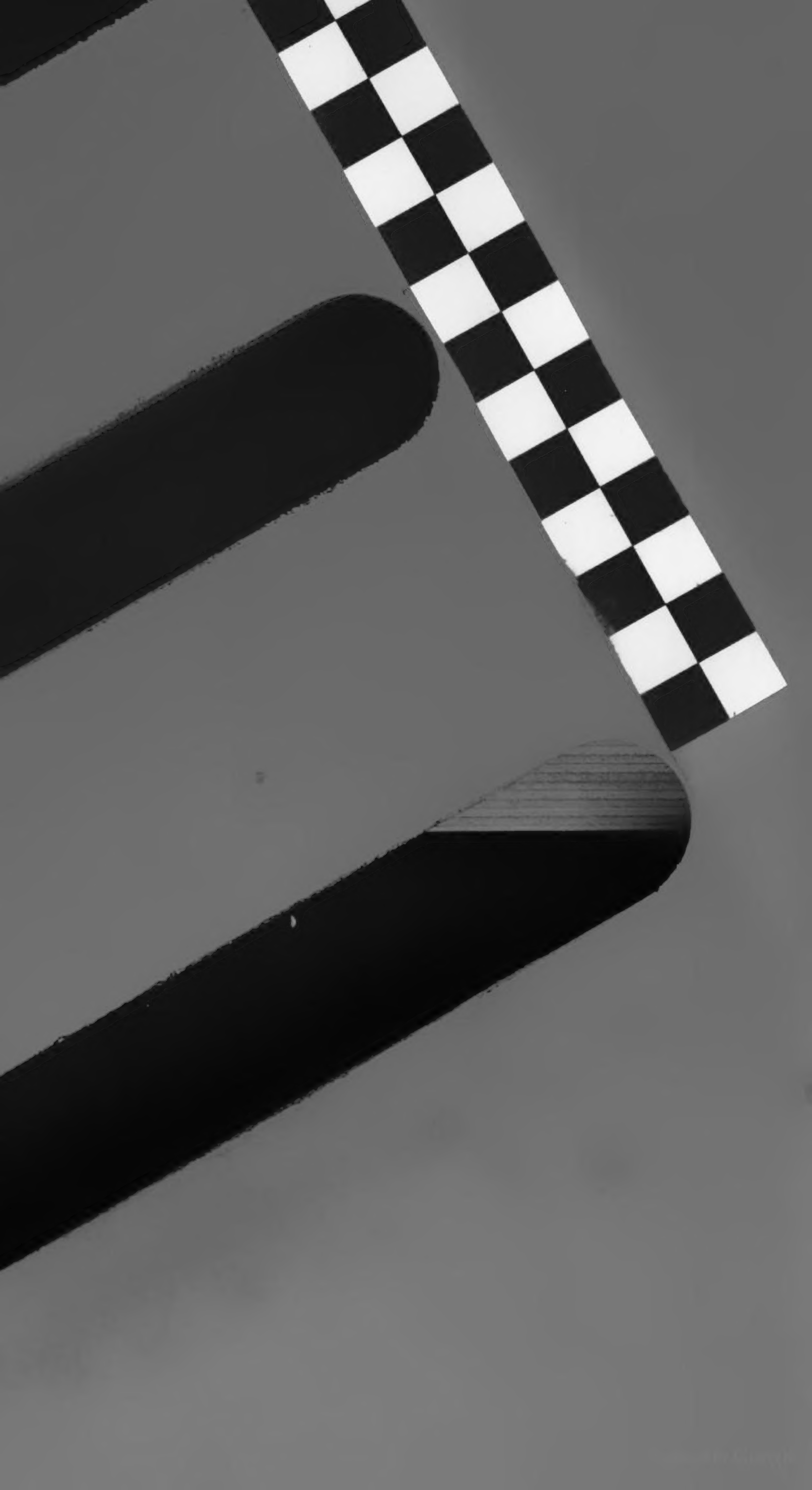
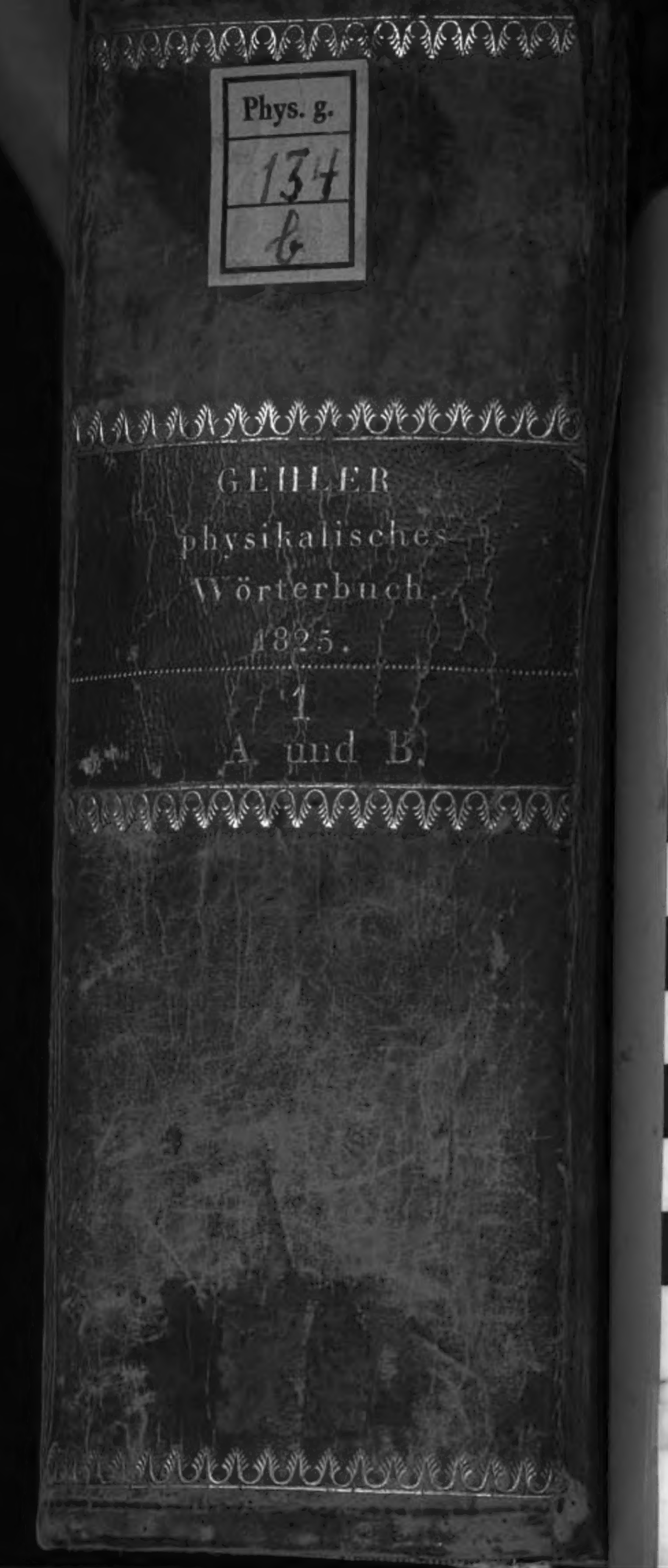
PHYSIKALISCHES WÖRTERBUCH: A UND B

Johann Samuel Traugott Gehler,
Heinrich Wilhelm Brandes






GEHLER
physikalisches
Wörterbuch.
1825.
1
A und B.





Gehler

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

Erster Band

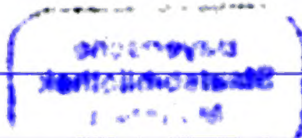
A und B.

Mit Kupfertafeln I bis XXI.

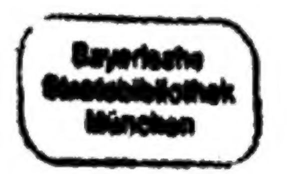
Leipzig,

bei E. B. Schwickert.

1825.




BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS


Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Nicht ohne einige Schüchternheit, aber zugleich mit inniger Freude über die Vollendung wenigstens eines Theiles unserer schwierigen Arbeit, und mit dem Bewufstseyn, alle uns mögliche Mühe und Anstrengung angewandt zu haben, übergeben wir hiermit dem Publicum den ersten Band des von uns versprochenen Wörterbuches der Physik. Wie weit unser Werk von der höchsten Vollendung entfernt sey, erkennt niemand besser als wir, aber auch niemand ist lebhafter von den unüberwindlichen Schwierigkeiten überzeugt, welche der Erreichung eines solchen Zieles entgegenstehen. Sachverständige werden das Eine wie das Andere zu würdigen wissen, und uns, wie wir hoffen, das Zeugnifs nicht versagen, dafs wir mindestens nicht ohne Nutzen zu stiften gearbeitet haben. Aufser dieser offenen und freien Aeufserung dürfen wir nur wenige Worte als nothwendige Erläuterung einiger wesentlicher Puncte vorausschicken.

Zuvörderst erscheint zwar der erste Band ein ganzes Jahr später, als wir uns anfangs vorgesetzt hatten; allein dieses liegt hauptsächlich in der lexikographischen Anordnung des Werkes und der daraus entspringenden Nothwendigkeit, dem Inhalte nach nahe verwandte Artikel gleichzeitig auszuarbeiten, desgleichen in dem Erfordernifs,

bei der Benutzung der literärischen Hülfsmittel die übernommenen Fächer im Ganzen gleichzeitig zu berücksichtigen. Dabei ist es aber unser fester Vorsatz, von nun an wo möglich jede Messe einen Band folgen zu lassen, weil wir selbst lebhaft fühlen, wie wichtig es sey, dafs die einzelnen Theile des Werkes die rasch fortschreitende Wissenschaft in innerer Uebereinstimmung und einem nicht zu weit ausgedehnten Zeitraume angemessen darstellen. Dafs dieser Band nur die zwei Buchstaben A und B umfafst, bedarf keiner Entschuldigung; denn ein vorher gemachter Ueberschlag ergab, dafs diese beiden mehr als *ein* Achtel des Ganzen ausmachen, wie *denn* auch die ersten fünf Buchstaben des Alphabetes nach *einem Blicke* in das alte *Gehlersche Wörterbuch* mehr als den vierten Theil desselben betragen. Wir hoffen also im Ganzen den in der Ankündigung festgesetzten Umfang von acht Bänden nicht zu überschreiten.

Inzwischen führt dieses zu einer andern Frage, nämlich über die Vollständigkeit des Inhaltes. In dieser Hinsicht wird es unmöglich seyn, die Wünsche aller zu befriedigen, weil sie selbst nicht miteinander übereinstimmen, und auch nicht übereinstimmen können. Die meisten zu unserer Kenntnifs gekommenen Aeufserungen aber gingen dahin, dafs es am besten sey, einige Bogen mehr nicht zu scheuen, und lieber das Alte neben dem Neuen, das Brauchbare neben dem Nothwendigen aufzunehmen, selbst auch falsche Ansichten und Behauptungen mindestens kurz anzudeuten, wenn sie einmal Aufsehen erregt haben; alles aber kritisch zu prüfen und nur nach Gründen zu verwerfen oder zu billigen. In den eigentlich physikali-

schen Theilen muſs das Werk daher einen gewissen Grad der Vollständigkeit haben, um eine Uebersicht des Ganzen und eine sichere Grundlage zu gewähren, auf welcher künftige Forscher weiter bauen können, ohne zu oft in den Fall zu kommen, für neu erfunden zu halten, was unlängst nach näherer Prüfung als irrig erwiesen ist. Wir haben uns daher durch die Schwierigkeiten des Sammelns in der auſserordentlich reichhaltigen Literatur nicht abhalten lassen, so weit es in unsern Kräften stand, und die Hülfsmittel reichten, von den zur Physik eigentlich gehörigen Gegenständen nichts Bedeutendes zu übergehen, zugleich auch in solchen Artikeln, welche ein groſses Publicum interessiren, als Aräometer, Barometer, Blitz, Blitzableiter u. a. möglichst vollständig zu seyn, aus den Hülfswissenschaften aber, unserer Ankündigung gemäſs, nur das Wesentlichste zu berücksichtigen. Dabei müssen wir dem Herrn Verleger das Zeugniſs geben, daſs er den Aufwand der weit über den gemachten Anschlag sich belaufenden Kosten nicht gescheuet hat, um auch seinerseits dem Werke hauptsächlich in Beziehung auf die zahlreichen Kupfertafeln eine gröſsere äuſsere Vollendung zu geben.

Aus dem alten Wörterbuche Gehlers haben wir das Brauchbare, hauptsächlich was zum Geschichtlichen der Wissenschaft gehört, beibehalten, mit Weglassung des Veralteten und Unrichtigen, vorzüglich in den chemischen Artikeln. Indeſs dürfen wir doch unsere Arbeit füglich eine durchaus neue nennen. Andere Wörterbücher, als namentlich das von Fischer, Hutton, die Encyclopédie Méthodique, die Cyclopaedia von Rees u. a. sind von uns

allerdings benutzt, aber nur als Hülfsmittel zum Auffinden der Quellen und als Anleitungen zur Bestimmung der richtigen Grenzen und der besten Methode. Wo es möglich war, haben wir die Quellen selbst nachgesehen, hauptsächlich bei allen bedeutenden Untersuchungen, und die Autoritäten gewissenhaft angegeben, meistens einzeln bei jeder wichtigen Sache, damit der Leser das Gesagte controliren könne, wenn es ihm zweifelhaft oder mit seinen Ansichten unvereinbar dünkt. Zugleich ist jedes Hauptwerk mindestens einmal an der geeigneten Stelle mit seinem vollständigen Titel angegeben, um dem, die Wissenschaft Studirenden, neben der Kenntnifs der Sachen auch eine Uebersicht *der wichtigsten Literatur zu* verschaffen. Beim wiederholten Citiren der nämlichen Schriften aber haben wir uns zur Ersparung des Raumes Abkürzungen erlaubt, welche sich leicht errathen lassen. Namentlich sind die zahlreichen Zeitschriften und Abhandlungen gelehrter Gesellschaften nur kurz bezeichnet. So sind die reichhaltigen Gilbert's Annalen der Physik schlechthin durch G., das Journal de Physique, Chimie et d'Histoire naturelle durch J. de P., die Annales de Chimie et de Physique durch Ann. de Ch. et P., und die übrigen mit ähnlichen Abkürzungen citirt, welche von selbst verstanden werden, die Ueberschriften der einzelnen Abhandlungen in den Zeitschriften herzusetzen schien uns aber unnütze Verschwendung des Raumes. Was in allen oder in den meisten besseren Handbüchern auf gleiche Weise enthalten ist, haben wir ohne Nachweisung einer Autorität mitgetheilt. Dafs endlich die Einrichtung der Kupfertafeln verstattet, sich aus diesen im Texte und

umgekehrt zu orientiren, wird man die Bequemlichkeit des Gebrauches sehr befördernd finden.

Bei der Bearbeitung der einzelnen Artikel haben wir uns bemühet, den Zusammenhang des Ganzen nicht aus den Augen zu verlieren, eine wegen der lexikographischen Form und der Vertheilung unter mehrere Mitarbeiter allerdings schwere Aufgabe; auch haben wir die vorliegenden Schwierigkeiten nicht weiter hinausgeschoben, um sie vielleicht nie anzugreifen, sondern was seiner Natur nach zur näheren und gründlichern Untersuchung kommen muſste, daran haben wir unsere Kräfte versucht, und werden dieses auch in der Folge thun, indem wir zugleich zwischen der zu ängstlich gehaltenen Form eines Wörterbuches und eines systematischen Werkes eine etwas mehr encyklopädische Bearbeitung wählten, dabei aber jederzeit auf verwandte Artikel verwiesen. Der Inhalt und die Art der Darstellung jedes einzelnen Artikels gehört demjenigen von uns eigenthümlich zu, mit dessen Namensbuchstaben derselbe unterzeichnet ist, obgleich wir classischen Arbeiten anderer, gewissenhaft von uns genannter, Schriftsteller mitunter genau gefolgt sind, weil wir uns für verpflichtet halten, unsern Lesern eher das Beste, als etwas uns Eigenthümliches, oder von uns absichtlich nur anders Geformtes mitzutheilen. Ein bloſses Hinweisen auf die Quellen, zum weiteren Nachlesen, schien uns in Hauptsachen mit unserm Zwecke unvereinbar zu seyn, weil ein so ausführliches Werk die Anschaffung der zahlreichen physikalischen Schriften in vielen Fällen entbehrlich machen soll.

In wie weit es uns gelungen seyn mag, gerechte und billige Forderungen zu befriedigen, hier-

über dürfen wir die Urtheile um so ruhiger erwarten, je mehr uns jede Nachweisung eines Irrthums oder Angabe einer künftigen Verbesserung willkommen seyn wird. Unser Bestreben ist, ein so vollkommenes und in jeder Hinsicht brauchbares Werk zu liefern, als aus der gewissenhaftesten Anstrengung unserer Kräfte und besten Benutzung der uns zu Gebote stehenden Hülfsmittel hervorgehen kann. Was diesen Zweck befördern hilft, ist uns angenehm. Noch liegt eine fast unübersehbare Masse vor uns, noch ist nur der kleinste Theil des grofsen Unternehmens überwunden; gebe uns die Vorsehung Leben, Gesundheit und Kräfte, das Ganze in der *gesetzten kurzen Frist* glücklich und zur Zufriedenheit des Publicums zu beendigen!

In den Osterferien 1825.

Die Herausgeber.

ger erwar-
s Irrthums
rung will-
ist, ein so
rauchbares
ftesten An-
utzung der
ervorgehen
lft, ist uns
bersehbare
e Theil des
ebe uns die
räfte, das
icklich und
ndigen!

sgeber.

Subscribenten - Verzeichnifs.

Exempl.

Se. Hoheit der Prinz **Ludwig von Hessen** und bei **Rhein** . . . . . Schreibp. 1
Se. Durchlaucht der Prinz **Maximilian** von Wied Neuwied 1
Herr **Abich**, Bergrath in Schöningen 1
- S. **Albach**, Professor zu Raab 1
- **Amelang**, Buchhändler in Berlin . Schreibp. 1
Die **Andräische** Buchhandlung in Frankfurt a/m. . 2
Herr E. **Anton**, Buchhändler in Halle 3
- J. P. **Bachem**, Buchhändler in Cöln . . . 2
Schreibp. 1
- **Baerecke**, Buchhändler in Eisenach . . 1
- **Bagge**, Director der Musterschule in Frankfurt a/m. 1
- **Barth**, Buchhändler in Leipzig 2
Schreibp. 1
- Dr. **Bartky** in Lützen 1
- **Basse**, Buchhändler in Quedlinburg 2
- Dr. **Baumann** auf Trebsen 1
- M. **Beigel**, Präceptor in Ravensburg . . . 1
- St. **Benditsch**, Doctor der Medicin u. k. k. Rath in Grätz. Schreibp. 1
Das Königl. Ober - Bergamt für die Preufs. Rheinprovinzen zu Bonn 1
Das Königl. Preufs. Bergamt in Düren 1
Herr P. **Berlen**, Oberamtmann in Herberstein. Schreibp. 1
Die Bibliothek des Königl. Preufsischen Gymnasiums in Saarbrücken 1
Die Bibliothek des Königl. Gymnasiums zu Bonn . . 1
Herr Dr. G. **Bischof**, Professor in Bonn. Schreibp. 1
- Dr. J. R. **Bischoff**, Professor in Prag . . . 1
- Dr. **Blümner**, Ober-Hof-Gerichtsrath zu Leipzig. 1
- v. **Boekeren** in Gröningen 3
- **Böhmert**, Pastor in Quesitz bei Leipzig . . 1
- **Bohné**, Buchhändler in Cassel 3

Exempl.

Herrn Gebr. Bornträger, Buchhändler in Königsberg 3
Schreibp. 1
Herr F. Boselli, Buchhändler in Frankfurt a/m. . 3
- Braun, Buchhändler in Carlsruhe 1
- Braunholz, Apotheker in Goslar 1
- Brendel, Maschinendirector in Freiberg . . 1
- Freih. v. Breuken in Erpeerenburg bei Paderborn. 1
- Bresztyensky, Adalbert, Prof. d. Math. zu Raab. 1
- Brummer, Buchhändler in Kopenhagen . . 4
Schreibp. 1
- Buff, Königl. Preufs. Bergmeister in Meschede. 1
- Burchhardt, Buchhändler in Berlin 1
- K. Busch, Buchhändler in Altona 1
- Butzky, Pastor zu Sulau in Schlesien. Schreibp. 1
Die Calvesche Buchhandlung in Prag 4
Herr M. Camerer, Pfarrer in Botenheim 1
- Cochler, Apotheker in Tarnowitz in Oberschlesien. 1
Das Collegium Fridericianum in Königsberg. Schreibp. 1
Herr Cramer, Hof - Apotheker in Paderborn . . 1
- Craz & Gerlach, Buchhandlung in Freiberg 2
Die Creutzische Buchhandlung in Magdeburg . . 3
Die Crökersche Buchhandlung in Jena 2
Herr Maurus Czinär, Prof. zu Raab 1
- Graf. H. v. Dankelmann auf Gr. Peterwiz . 1
Die Darnmann'sche Buchhandlung in Züllichau . 2
Herr Dasse, Bergmeister in Hüttenrode 1
- Deubner, Buchhändler in Riga 7
- Dr. Diesterweg in Bonn . . . . . : . 1
Die Dieterichsche Buchhandlung in Göttingen . 1
Herr Diller, Professor in Dilingen 1
- Dr. Dirks, Physicus in Tondern 1
- Döring, Maschinenzeichner in Freiberg . . 1
- Hofrath Dratschmidt in Wien 1
- M. Drobisch, Privatdocent an der Universität zu Leipzig 1
- Dulk, Apotheker in Königsberg 1
- Ferd. Dümmler, Buchhändler in Berlin . . 3
- Duncker & Humblot, Buchhändler in Berlin
Schreibp. 2

Exempl.

Herr Dr. Ebers in Breslau	1
– Eggenberger, Buchhändler in Pesth	1
– P. W. Eichenberg, Buchhändler in Frankfurt a/m.	1
– W. Enders, Kunsthandlung in Prag	4
– Dr. Engler, Kreis-Physicus in Breslau	1
– Enslin, Buchhändler in Berlin	1
– Ernst, Buchhändler in Quedlinburg	2
– Rector Etzler in Breslau	1
– Hofrath Dr. Feder, Lehrer bei Ihrer Hoheit den Prinzen Ludwig und Karl von Hessen	1
Die Ferstl'sche Buchhandlung in Grätz	5
– Fleckeisensche Buchhandlung in Helmstädt	2
Herr Friedr. Fleischer, Buchhändler in Leipzig	1
– Gerh. Fleischer, Buchhändler in Leipzig	1
Die Flittnersche Buchhandlung in Frankfurt a/o	1
Herr J. Frank, Buchhändler in Brüssel	6
– F. Franckh, Buchhändler in Stuttgart	3
– Frommann, Buchhändler in Jena	1
– L. Graf v. Galler Domherr von Ollmütz in Grätz.	1
– Gassert, Buchhändler in Ansbach	1
– K. Gerold, Buchhändler in Wien	2
Schreibp.	1
Die Gerstenbergsche Buchhandlung in Hildesheim	2
Herr Gläser, Buchhändler in Gotha	3
– Dr. Gloker in Breslau	1
– Chr. Gmelin, Prof. med. in Tübingen	1
– F. von Gmelin, Prof. med. in Tübingen	1
– Gosohorsky, Buchhändler in Breslau	2
– W. Gräff, Buchhändler in St. Petersburg	6
Schreibp.	2
– Gräser, Bergdirector in Eschweiler	1
– L. Gröber, Professor zu Raab	1
– K. Groos, Buchhändler in Heidelberg	5
– Pater Magnobonus Grünes, Prior der barmherzigen Brüder in Grätz	1
– Guilhauman, Buchhändler in Frankfurt a/m	1
Die neue Günthersche Buchhandlung in Glogau	1
Schreibp.	1

	Exempl.
Die Gyldendalsche Buchhandlung in Kopenhagen .	2
Die Härtersche Buchhandlung in Wien . . .	1
Schreibp.	1
Die Hahnsche Hof-Buchhandlung in Hannover . .	20
Schreibp.	2
Herr Medicinalrath Dr. Hancke, Ritter des eisernen Kreuzes in Breslau	1
- Hane, Buchhändler in Stargard	1
- Hartenfeld, Mechanicus in Naumburg . .	1
- Hartleben, Buchhändler in Pesth . . .	4
- Hartmann, Buchhändler in Leipzig . . .	1
- Hartmann, Buchhändler in Riga	5
- J. Hassenbauer, Haupt-Münz-Amts-Actuar in Wien	1
- Hayn, Buchhändler in Berlin	1
- Heinrichshofen, Buchhändler in Magdeburg.	2
Schreibp.	1
Die Heinsius'sche Buchhandlung in Gera . . .	1
Herr F. A. Helm, Buchhändler in Halberstadt . .	1
Die Helwingsche Hof-Buchhandlung in Hannover.	2
Herr Hemmerde & Schwetschke, Buchhändler in Halle	9
- Dr. Henschel in Breslau	1
- L. Herbig, Buchhändler in Leipzig . . .	2
- Herold & Wahlstab, Buchhändler in Lüneburg.	1
- Ch. A. Herrmann, Prof. und Gymnasial-Oberlehrer in Aachen	1
- Heubner, Buchhändler in Wien	12
- J. W. Heyer, Buchhändler in Darmstadt . .	2
- Heyland, Studiosus in Kiel	1
- Hoffmann & Campe, Buchhändler in Hamburg.	6
Schrbp.	2
Die Hoffmannsche Buchhandlung in Weimar . . .	2
- Holzhausen, Maschinen-Inspector in Tarnowitz in Oberschlesien	1
- Horvath, Buchhändler in Potsdam	1
- Huber & Comp. Buchhändler in St. Gallen .	1
- A. Hülfse, Salzverwalter in Leipzig . . .	1

	Exempl.
Herr Phil. Hülfse, Salzverwalter in Kötschau . .	1
- M. Hutter Can. Regul. Praemonstrat. Hofmeister des Grafen C. v. Barthyany in Grätz . .	1
- J. Jaeckel, Oberbeamter des Ziementirungsamtes der k. k. Haupt- und Residenzstadt Wien. Schrbp.	1
Die Jägersche Buchhandlung in Frankfurt a/m. .	1
Herr Dr. Jensen in Altona	1
- E. Juhn, Apotheker d. Z. in Leipzig. Schrbp.	1
- C. Iwrassek, Hofrichter in Kloster Neuburg .	1
- J. Kaiser, Hörer der Physik und höhern Math. am k. k. polytechnischen Institute zu Wien. Schrbp.	1
- W. Kaiser, Buchhändler in Bremen . . .	3
- Kalette, Professor in Bromberg	1
- Keller, Apotheker zu Bonn	1
- Stadtrath Kessel in Königsberg	1
Die Keysersche Buchhandlung in Erfurt . . .	2
Herr G. Kilian, Buchhändler in Pesth	2
Schrbp.	1
- Kirkerup, Apothekergehülfe in Altona . .	1
- Knode, Buchhändler in Aschaffenburg . . .	1
Schrbp.	1
- C. Königshofer, Herrschaft-Inhaber in Grätz.	1
- J. J. Koritschnyak, Chorherr des Prämonstratenser - Ordens etc. in Pesth	1
- Körner, Buchhändler in Frankfurt a/m. . .	1
- W. G. Korn, Buchhändler in Breslau . . .	3
- P. Kowarz in Wien	1
- J. Kraufs, Buchhändler in Prag	5
- C. F. Kretschmar, Lehr. d. Math. in Halberstadt.	1
- P. Krüll, Buchhändler in Landshut	3
- Freiherr von Krusenstern, Rufs. Kais. Admiral in St. Petersburg	1
- Kuhlmey, Buchhändler in Liegnitz . . .	1
- Kuhn & Millikowski, Buchhändler in Lemberg.	2
Schrbp.	1
- Kümmel, Buchhändler in Halle	2
- P. G. Kummer, Buchhändler in Leipzig . .	1
- G. A. Kummer, Buchhändler in Zerbst	1

	Exempl.
Herr Kupferberg, Buchhändler in Mainz . . .	1
- M. Kutsera, Prof. zu Raab	1
- J. Landes, Buchhändler in Presburg	2
- Dr. Langguth in Gerditz bei Delitsch . Schrbp.	1
- Laupp, Buchhändler in Tübingen	1
- Lehmann, Apotheker in Creuzburg . . .	1
- Professor Lenzinger in Coblenz	1
- Lincke in Gothenburg	2
Die Lindauersche Buchhandl. in München . .	4
Herr Major von Lindner, für die Bibliothek des k. k. Bombardeur-Corps in Wien	1
- Löbeneck, Prof. in Prag	1
- Lohde, Buchhändler in Danzig	1
- S. & J. Luchtmans Buchhandlung in Leyden	10
- Lucius, Buchhändler in Braunschweig . .	1
Die Luckhardsche Buchhandl. in Cassel . . .	1
Edler von Lusek, k. k. Hauptmann zu Pilsen . .	1
Edler von Lusek, Forstmeister zu Rosenthal in Böhmen	1
Herr B. Maár, Prof. zu Raab	1
- Mandel, k. k. Feldkriegs-Secretair in Grätz	1
- A. Mann, Prof. zu Raab	1
- Marcus, Buchhändler in Bonn	1
- Markiewicz, Prof. in Cracau	1
- Fr. Martens, Apotheker d. Z. in Leipzig .	1
- Mauch, Mechanicus in Cöln	1
Die Maurersche Buchhandlung in Berlin . . .	2
Herr Mauritius, Buchhändler in Greifswald . .	1
- Max & Comp. Buchhändler in Breslau.	4
Herr J. A. Mayer, Buchhändler in Aachen . . .	4
Die Mayrsche Buchhandlung in Salzburg . . .	2
Schrbp.	1
Herr Melms, Professor in Greifswald	1
Die Metzlersche Buchhandlung in Stuttgart . .	4
Herr Meusel & Sohn, Buchhändler in Coburg .	1
- Lieut. Meyer von der reitenden Artillerie in Breslau	1

	Exempl.
Herr F. A. Meyer, Buchhändler in Abo	1
– Meyer, Buchhändler in Braunschweig	2
Die Meyersche Hofbuchhandlung in Lemgo	3
Die Millersche Buchhandlung in Grätz	2
Herr Dr. Mogalla, Regierungs- und Medicinal-Rath, und Ritter des eisernen Kreuzes in Breslau	1
– J. Mondl, k. k. Hauptmann in der Armee in Grätz	1
– Professor Ritter von Mons, in Löwen	1
– Mörschner & Jasper, Buchhändler in Wien	1
Schrbp.	1
– Mühlvenzel, Professor zu Gitschin in Böhmen	1
– Müller & Comp. Buchhändler in Amsterdam	4
– Nagel, Stud. theolog. im Seminar zu Tübingen	1
– Nauck's Buchhandlung in Berlin	1
– Wenzel Nechuta in Wien	1
– Dr. Neuhold, Hof- und Gerichtsadvocat in Grätz, Schrbp.	1
– Neukirch, Buchhändler in Basel	1
Die Nicolaische Buchhandlung in Berlin	7
Herr Dr. Nizze, Conrector in Stralsund	1
– L. Oehmigke, Buchhändler in Berlin	3
– Dr. Ohm, Professor in Cöln	1
– Orcier, Studiosus in Leipzig	1
– Osiander, Buchhändler in Tübingen	6
– A. Oswald, Universitäts-Buchhändler in Heidelberg	3
– Staatsrath Parrot in Dorpat	1
– Perthes & Besser, Buchhändler in Hamburg	12
Schreibp.	2
– Dr. Peters in Anclam	1
– C. G. Pfaff, Buchhändler in Lemberg	1
Schreibp.	1
– Polck, Apotheker in Neisse	1
– Polex, Apotheker in Eupen	1
– Dr. v. Portenschlag in Wien.	1
– Professor Pukinje in Breslau	1

	Exempl.
Herr Hofsecretär Reichetzer in Wien	1
- Riecke, Professor in Tübingen	1
- Ritter, Factor zu Wilhelmshütte	1
- Rohde, Professor in Breslau	1
- Dr. Rommershausen in Acken	1
- Rubach, Buchhändler in Magdeburg	1
- Friedr. Ruff, Buchhändler in Halle	3
- Sachs, Professor in Königsberg	1
- Sandhagen, Apotheker in Lüchow	1
- J. D. Sauerländer, Buchhändler in Frankfurt a/m	2
- H. R. Sauerländer, Buchhändler in Aarau	2
- P. Schalbacher in Wien	17
Schrbp.	1
- Schaub, Buchhändler in Elberfeld	2
- Schaumburg & Comp. Buchhändler in Wien	3
Die Scherzesche Buchhandlung in Schwelm	1
Herr Not. von Scheik Genootschop de Deventer in Lingen	1
- Scheuchler, Bergmeister in Freiberg	1
- J. Schitko, k. k. Bergrath und Professor zu Schemnitz in Ungarn Schrbp.	1
Die Schnuphasesche Buchhandl. in Altenburg	1
Die Schönianische Buchhandlung in Elberfeld	2
Die Schulbuchhandlung in Braunschweig	1
Schrbp.	1
Herr Schulze, Buchhändler in Oldenburg	3
- Schütz, Apotheker in Breslau	1
- B. Schwarzenbrunner, Professor am Lyceum des Stiftes zu Kremsmünster	1
- A. Schwickert, auf Quesitz	1
- Seidenstücker, Bergsyndicus in Clausthal	1
- W. Seiffensieder, Apotheker zu Gitschin in Böhmen	1
- Siemsen, Apotheker in Altona	1
- J. Sigmund, Buchhändler in Klagefurth	1
- Skoda in Schwartzkosteletz	1
- Speyer, Buchhändler in Arolsen	1
- Sprenger, Commissions-Rath in Jever	1

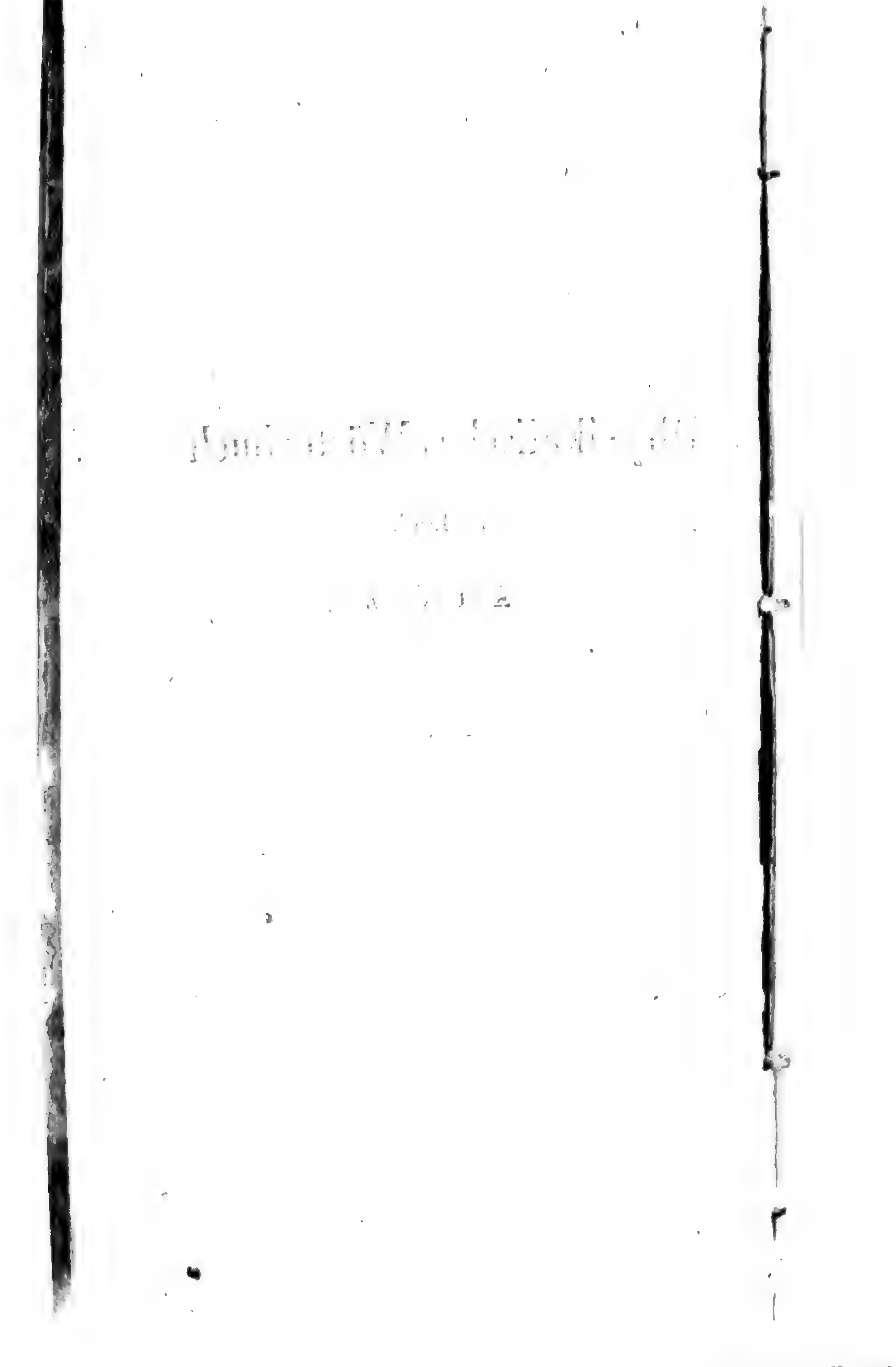
	Exempl.
Herr W. Starke, Buchhändler in Chemnitz	2
– Dr. Stecher, Stadtschultheifs zu Biberach	1
– Stein, Buhhändler in Nürnberg	1
Die Steinerische Buchhandlung in Winterthur	1
Herr Stiewer, Oberlieutenant in Königsberg	1
– Stiller, Buchhändler in Rostock	5
Schrbp.	1
– F. Stremeyer, k. k. Feldapotheken-Beamter in Grätz	1
– J. P. Streng, Buchhändler in Frankfurt a/m	1
– Strube, Apotheker in Altona	1
– Sülpke, Buchhändler in Amsterdam	3
Se. Excellenz Ignatz Freyherr v. Szepessy, Bischof von Siebenbürgen etc. in Klausenberg	1
Herr M. Tauber, Inhaber e. oculistischen Instituts zu Leipzig	1
– Tendler & v. Manstein, Buchhändler in Wien	1
Die Theissingsche Buchhandlung in Münster	1
Herr Thielo, Professor in Frankfurt a/m	1
– Tiemann, Inspektor zu Wilhelmshütte	1
– G. S. Tillberg, Professor in Greifswald	1
– F. Tomantschger, k. k. pensionirter Major in Grätz Schrbp.	1
– Treuttel & Würtz, Buchhändler in Strafsburg	2
– J. N. Trost in Wien Schreibp.	1
– Dr. Tuchen, Apotheker in Naumburg	1
– E. Tufsil, Prof. zu Raab	1
– T. Uhlmann, Buchhändler in Amberg	1
Die Universitäts-Bibliothek zu Greifswald	1
Herr Unzer, Buchhändler in Königsberg	6
– Vandenhöck & Ruprecht, Buchhändler in Göttingen	8
– Varnhagen, Buchhändler in Schmalkalden	1
– Volcke, Buchhändler in Haag	1
– Volke, Buchhändler in Wien	1
Die Wagnersche Buchhandlung in Dresden	1
Die Wagnersche Buchhandlung in Freiburg	1
Herr Wallishauser, Buchhändler in Wien	4

	Exempl.
Herr Dr. Weber, Professor in Leipzig	2
- Weber, Buchhändler in Bonn	1
- G. Wekerle, Prof. zu Raab	1
- J. Werle, Dr. der Medicin und Lehrer der Veterinair-Wissensch. am Lyceum zu Grätz .	1
- J. Weſsely, Nieder Oestr. Landschafts-Cassirer in Wien . . . . Schreibp.	1
- Wienbrack, Buchhändler in Leipzig . .	1
- Wienhold, Cand. Theol. u. Lehrer an der Armenschule zu Leipzig	1
- Wigand, Buchhändler in Preſsburg . . .	2
- Wigand, Buchhändler in Kaschau	2
- v. Wild, Registraturs-, Protocolls-, und Expedits-Adjunct in Wien	1
- Winter, Buchhändler in Heidelberg . . .	3
- Wunder, Subrector in Wittenberg . . .	1
- A. v. Wurmser, k. k. Staats-Buchhaltungs-Rechnungs-Offizial in Grätz	1
- Zabel, Apotheker in Gera	1
- Dr. Zedler, Kreis-Physikus in Oppeln . . .	1
Die Zehesche Buchhandlung in Nürnberg . . .	1
Herr Zeise, Apotheker in Altona	1
- Ziegler & Söhne, Buchhändler in Zürich .	2
- Zobel, Buchhändler in Görlitz	1

Physikalisches Wörterbuch

I. Band.

A und B.



A.

Abenddämmerung. s. Dämmerung.
Abendgegend. s. Weltgegend.

Abendpunct.

Westpunct; *Occidens;* Occident; co
ouest; *West.* Derjenige Punct des Horizonts,
90 Grade vom Meridian entfernt, dem nach Süden
Beobachter *rechts* liegt. Est ist einer der vier Hau
(Cardinalpuncte) des Horizonts. Er liegt da, wo
quator in den Horizont einschneidet, und zwar an
wo die Gestirne untergehn. An den Tagen der N
chen geht die Sonne im Abendpuncte unter, dageg
rend der Sommermonate nordwärts, während der
monate südwärts von ihm entfernt, wie es im Ar
weite angegeben ist. Die Puncte, wo die Sonne am
und kürzesten Tage untergeht, sind von Einigen
Namen *Sommer-Abendpunct und Winter-*
punct (Occident d'été, Occident d'hivèr) belegt
Die Gegend um den Abendpunct heifst daher die *A*
gend, die westliche Himmelsgegend, und j
genstand, der an dieser Seite des Meridians liegt,
gegen Abend zu liegend, angegeben.

Abendröthe.

Abendroth; *Rubor coeli vespertinus;*
nefs at Sunset. Die Abendröthe zeigt sich bekan
ein orangegelber, feuerfarbner, bald mehr in R
mehr in Gelb übergehender, oft auch fast weifser C
Abendhimmel kurz vor, und besonders nach dem Ur
der Sonne. Ihre Erscheinungen sind so mannigfal
hängen von so veränderlichen Umständen ab, daß
möglich ist, sie vollständig zu beschreiben, und

Pracht ihres wechselnden Glanzes und Farbenspieles durch Worte einen deutlichen Begriff zu geben.

Man kann die Abendröthe theils in optischer, theils in meteorologischer Beziehung betrachten. Was in jener Beziehung von der Abendröthe gilt, läfst sich auch auf die *Morgenröthe* anwenden; dagegen scheinen die Vorbedeutungen der Witterung bei der Morgenröthe andre zu seyn, als bei der Abendröthe.

Optische Betrachtungen.

Das Feuerroth der Abendröthe ist offenbar die Ergänzungsfarbe zum Blau des Himmels, und die Entstehung beider Farben mufs also ohne Zweifel in einem Zusammenhange stehen; ich werde hier die Erklärung über die Entstehung beider mittheilen, die mir als die wahrscheinlichste vorkömmt, und zeigen, wie fast alle Erscheinungen der Abendröthe diese Erklärung zu bestätigen scheinen.

Die auf die Atmosphäre auffallenden Lichtstrahlen werden zwar zum aller gröfsesten Theile von ihr durchgelassen; aber viele werden auch zurückgeworfen und deshalb sehen wir das wolkenlose Himmelsgewölbe als glänzend hell; — diesem zurückgeworfnen Lichte verdanken wir die allgemeine Tageshelle, da ohne sie alles, was im Schatten liegt, selbst bei Sonnenschein fast als vollkommen dunkel erscheinen müfste, indem durch Zurückwerfung von den festen Gegenständen auf der Erde nur wenig Licht in diese beschatteten Orte gelangen würde [1]. Unter diesen reflectirten Strahlen haben die blauen bei weitem das Uebergewicht, denn der dunstfreie Himmel ist blau, statt dafs er weifs seyn würde, wenn alle Farbenstrahlen gleich gut zurückgeworfen würden, und wir schliefsen daher mit Recht, dafs die durchgelassenen Lichtstrahlen ein eben solches Uebermaafs an Feuerroth zeigen müssen, wie es die zurückgeworfenen an

---

1 Da nach *Lambert*, selbst von vertical auf die Oberfläche der Erde einfallenden Sonnenstrahlen, $\frac{1}{3}$, nach *Bouguer* wenigstens $\frac{1}{5}$ verloren geht, und dieser Verlust grofsen Theils von Zurückwerfungen herrührt, so läfst sich die Stärke der allgemeinen Tageshelle wohl erklären, wenn gleich lange nicht alles verlorne Licht auf diese Weise zur Erde zurückkömmt. *Lamberti Photometria*. p. 396.

Blau zeigen. Diese Folgerung kann als eine nothwendige angesehen werden; denn wenn zum Beispiel von tausend auffallenden Lichtstrahlen achthundert ungeändert durch die Atmosphäre hindurch gehen, hundert gänzlich zurückgeworfen werden, und von den übrigen hundert nur das Blau zurückgeworfen wird, so müssen die sämmtlichen durchgehenden Strahlen als etwas mehr ins Rothe fallend erscheinen, weil sich mit den achthundert weifsen Strahlen hundert mischen, die allein genommen den Eindruck eines reinen Orange auf das Auge machen würden.

Da die blauen und violetten Strahlen die am meisten brechbaren sind, so kann man auch sagen, dafs die am meisten brechbaren Strahlen in gröfserm Maafse von der Atmosphäre zurückgeworfen, die minder brechbaren in gröfserm Maafse durchgelassen werden.

Die ganz reine, von Dünsten freie Luft wirft verhältnifsmässig weniger weifses Licht zurück, und daher ist bei recht reiner Luft und auf hohen Bergen die Luft dunkelblau, obgleich gewifs nie die von da zu uns gelangenden Lichtstrahlen ohne alle Beimischung weifsen Lichtes sind. Die wässerigen Dünste dagegen werfen die Lichtstrahlen unzerlegt zurück und wir sehen daher den Himmel weifslich, wenn die Luft mit Dünsten erfüllt ist, und dieses ist gegen den Horizont hin vorzüglich der Fall, weil unsre Gesichtslinie da so weithin durch Dünste geht, dafs die von ihnen zurückgeworfenen Lichtstrahlen uns das Blau, welches die höheren Luftschichten zurückwerfen, fast ganz entziehen.

Aus diesen Betrachtungen läfst sich nicht nur übersehen, dafs das Abendroth als mit den von der Atmosphäre durchgelassenen Strahlen übereinstimmend anzusehen ist, sondern auch, dafs das dunklere oder weifslichere Blau des Himmels uns schon voraussagen kann, ob wir eine recht tief rothe, oder nur eine gelbe oder weifsliche Abendröthe zu erwarten haben. Ist nämlich die Luft bis zu der Wolkenregion hinauf mit vielen Dünsten erfüllt, so dafs der Himmel am Tage matt blau und weifslich erscheint, so kann auch die Abendröthe nicht schön seyn. Es ereignet sich nämlich dann beinahe das, was völlig eintreten würde, wenn die Atmosphäre

alle Lichtstrahlen gleich gut zurückwürfe: denn dann würde der Himmel vollkommen glänzend weiſs erscheinen, aber auch die durchgelassenen Lichtstrahlen würden zwar geschwächt, aber farbenlos, weiſs seyn [1].

Dagegen erscheint die Abendröthe in ihrer schönsten Pracht, wenn der Himmel recht tief blau ist, vorzüglich wenn dann einige einzelne Wolken von ihren Strahlen erleuchtet werden. Die Erscheinungen, die sich dann darbieten, will ich hier, so gut ich es kann, beschreiben [2]. Die Sonne zeigt sich, wenn der Himmel tief blau ist, beim Untergange sehr lichtvoll und nicht eben sehr roth. Dies erklärt sich daraus, weil selbst beim Untergange das Licht der Sonne nicht sehr geschwächt erscheint, also ein solches Uebermaaſs weiſser Strahlen vorhanden ist, daſs uns die Beimischung der feuerrothen Strahlen minder merklich wird, als es bey gleicher Menge rother und minderer Menge weiſser Strahlen, der Fall seyn würde. — Schon vor Sonnen-Untergang zeigt sich der Himmel um den ganzen Horizont röthlich gelb, und diese Röthe nimmt bis kurz nach dem Untergange der Sonne am ganzen Horizonte zu. Die Dünste nämlich am Horizonte werfen das empfangene Licht ziemlich unverändert zurück, und so wie am Tage die Luft uns um den Horizont weiſs erscheint, so muſs sie uns jetzt eben das gelbe oder röthliche Licht wie die Sonne selbst darbieten; aber ein noch mehr rothes Licht als die Sonne selbst, weil dieses reflectirte Licht bey seinem Durchgange durch die Luft abermals einen Theil seiner im Weiſs noch enthaltenen blauen Strahlen verliert. Man bemerkt zuweilen, daſs im Osten der Horizont, oder eine dort stehende Wolke, schon roth erscheint, während er näher gegen die Sonne hin noch

---

1 So wie die leichten Federwolken am Tage von der Sonne beschienen ein fast silberweiſses Licht zurückwerfen, und auch die durch sie durchblickende Sonne als silberweiſs zeigen. Oder wie die wässerigen Nebel von der Sonne beschienen weiſs erscheinen, und wenn man die Sonne durch sie in sehr geschwächtem Lichte sieht, diese einem silbernen Teller gleicht, und ohne alle Farbe ist.

2 Ich muſs dabei bemerken, daſs meine Beobachtungen der Abendröthe nur in der Ebne angestellt sind, und daſs Bergbewohner Manches besser angeben könnten.

gelb ist: — ohne Zweifel deswegen, weil in den um mehrere Meilen ostwärts liegenden Gegenden, deren Dünste wir dort erleuchtet sehen, die Sonne schon um etwas nicht unbedeutendes ($\frac{1}{2}$ Grad, 1 Grad, und mehr, je nachdem die dort gesehenen Wolken und Dünste entlegner sind,) niedriger steht, also röther ist, als da, wo die uns westlich stehenden Wolken sich befinden. Ist die Sonne untergegangen, so sieht man sehr oft einen leichten Purpur das ganze Blau des Himmels gleichsam überdecken, — offenbar ist dies das rothe Licht, welches die von der Sonne beschienenen Dünste, oder wie man oft deutlich sieht, die von ihr beschienenen zarten Wolkenfederchen, die in den höheren Gegenden der Luft schweben, zurückwerfen; dieses Licht ist röther als das der untergehenden Sonne selbst, weil nicht blofs die von der untergegangenen Sonne nach der Richtung CA kommenden Strahlen, um den Punct B zu erreichen, noch einmal die unteren Schichten der Atmosphäre durchlaufen müssen, sondern endlich nach der Zurückwerfung diese Schichten zum dritten Male durchlaufen, und dabei das ihnen beigemischte weifse Licht immer mehr verlieren. [Fig. 1] Wenn die Sonne tiefer unter den Horizont hinabsinkt, so wird zuerst der östliche Himmel dunkel, indem der Schatten der Erde sich kreisförmig begrenzt (obgleich sehr verwaschen) dort zeigt, während der übrige Himmel noch seinen zarten Purpur behält; der Glanz am westlichen Himmel geht aus dem Gelben mehr ins Rothe über, so wie es die nun auch jenen Gegenden untergehende Sonne bewirken mufs. Der recht glänzende Raum am Abendhimmel aber erstreckt sich, wenn keine Wolken dort stehen, nie sehr hoch, wovon der Grund leicht erhellt, da die Intensität des von den Dünsten zurückgeworfenen Lichtes nur dadurch, dafs unsere Gesichtslinie durch eine lange Strecke derselben geht, also nur am Horizonte erheblich seyn kann. Während nun bei immer tieferem Sinken der Sonne die Röthe am westlichen Horizont sich vermindert, zeigt sich der höhere Theil des Himmels wieder blau, so wie es auch mit dem im Erdschatten liegenden östlichen Segment schon früher der Fall war. Weil nämlich die den Beobachter A umgebenden Gegenden BC der niedrigen Schichten nun ganz im Schatten liegen, so sieht [Fig. 2]

er das Himmelsgewölbe nur noch vermöge der vom höhern Puncte Dd zurückkommenden Lichtstrahlen erhellt; Dd aber erhält aufser den durch die tiefern Schichten durchgegangnen Strahlen ED, die allerdings rothes Licht dorthin bringen, auch Strahlen Fd, die fast ihr volles Licht dorthin bringen, und wird vorzüglich auch von dem blauen Glanze des Himmels in H erleuchtet, so dafs es uns nicht wundern darf, hier Blau zu sehen.

Am prachtvollsten zeigt sich die Abendröthe, wenn bei tief blauem Himmel einige Wolken am westlichen Himmel stehn. Sind diese von der Art der geschichteten Federwolken (Cirrostratus), so stellen sie sich vor Sonnen-Untergang meistens als hellgraue Streifen mit hellen Rändern dar, und erhalten nachher goldgelbe und endlich feuerrothe Ränder, während ihr im Schatten liegender Theil dunkelblau, oder wenn dieses Dunkelblau etwas von der rothen Erleuchtung der Hinterseite durchscheinen läfst, mit tiefem Purpur gefärbt erscheint. Hier ereignet es sich nun oft, dafs die scheinbar neben einander stehenden Wolken sich sehr ungleich zeigen, einige schon dunkel feuerroth, während andre danebenstehende noch gelb sind. Dafs dies von ihrer höheren oder tieferen Stellung in der Atmosphäre herrührt, ist nicht zu verkennen; denn theils zeigen sich die minder rothen, noch mehr weifs oder gelb erscheinenden Wolken, immer als sich zum Theil hinter den rötheren verbergend, theils erlangen auch sie etwas später die feuerrothe Farbe ganz so, wie es für höhere Gegenstände, denen die Sonne etwas später untergeht, der Fall seyn mufs. Stehen am Horizont dunkle Wolken, Haufenwolken oder Gewitterwolken, deren Farbe im Schatten ein schwarzes Blau ist, so sieht man diese zuweilen in einem tiefen, etwas trüben Purpurglanze, der offenbar eine Mischung des feurigen Abendroths mit dem natürlichen Dunkelblau der Wolke ist, und der vermuthlich dadurch entsteht, dafs die rothen, die Wolke durchdringenden Strahlen mit den zurückgeworfnen, vermöge welcher sie uns blau erscheinen würde, gemischt zum Auge gelangen.

Die Erscheinungen der Abendröthe bei weifslichem, matt blauem Himmel kann ich kürzer beschreiben. Ich

glaube nicht, dafs man bei solchem Himmel das Abendroth je in seinem vollen feuerrothen Glanze sehen wird, sondern ein, oft recht glänzendes, aber immer doch mehr weifsliches Gelb, und zuweilen ein trübes, gleichsam mit grauer Tinctur gemischtes Roth ist alles, was man an solchen Tagen erwarten darf. Ich habe schon bemerkt, dafs das freilich sehr geschwächte, aber seiner blauen Strahlen nur wenig mehr als der rothen und gelben beraubte Sonnenlicht uns eine solche weifsliche Abendröthe darstellen mufs.

Hierher gehört noch die von einigen Beobachtern angegebene Erscheinung eines Grün am Abendhimmel. Als Beobachter, die dieses erwähnen, kann ich folgende nennen: Pleischl, [1] der es als bei der Abendröthe nicht selten vorkommend, angiebt; ein Beobachter in München [2]; Vieth in Dessau, der in einer handschriftlichen Mittheilung eben das angiebt, und Muncke, der es gleichfalls öfter gesehen hat [3]. Ich will diese Erscheinung so beschreiben, wie ich sie selbst gesehen habe, und glaube hier zwei Erscheinungen unterscheiden zu müssen. Die eine ist nicht selten und zeigt sich bei weifslich blauem Himmel, wenn nach Sonnen-Untergang nur noch ein matter gelber Glanz am Abendhimmel sichtbar, höher hinauf aber das Blau des Himmels noch zu erkennen ist; den Uebergang von diesem Blau zum Gelb macht dann eine sehr weifsliche Färbung des Himmels, in der ein höchst mattes Grün durchzublicken scheint. Wieviel hierbei auf einer leicht erklärlichen Täuschung beruhen mag, (da das Auge ein Grün zu suchen gewohnt ist, wo ein Uebergang von Gelb zu blau statt findet,) kann ich nicht ganz entscheiden; aber es giebt wenigstens Fälle, wo man den Eindruck nicht wegleugnen kann, dafs hier das Gelb und Blau, wie in einander verwaschene Tincturen, einen grünlichen Uebergang bilden, obgleich so mit Weifs

---

1 *Schweiggers J.* XXXIII. 227.

2 Allgem. Zeitung 1818. No. 55.

3 *Schweig. J.* XXX. 83. Auch in den Meteororol. Beob. welche monatl. der Schlesischen Gesellschaft von ihren Mitgliedern zugesandt werden, finde ich einmal den Himmel als „apfelgrün" angegeben.

Endl. spricht auch *Th. Forster* von einem *Greenisch-blue* der Abendröthe in s. *Researches obout atmospheric Phenomena* p. 86.

gemischt, dafs die Färbung fast ganz darin untergeht. Die zweite Erscheinung habe ich seltner gesehen, wenn bei ganz heiterm Himmel der Abendhimmel sich schon vor Sonnen-Untergang gelb färbt; da erschien ein lebhafteres Grün, welches den Uebergang von Gelb in Blau bildete.

Aber noch auf eine andre Weise habe ich einmal ein Grün am Abendhimmel, grüne Wolken nämlich, gesehen. Unter grauen Regenwolken, die von der sich dem Untergange nahenden Sonne nicht unmittelbar beschienen wurden, waren die unteren Ränder schmutzig grün, gleichsam mit einer Mischung von Grau und Grün gefärbt. Ich konnte mir diese Erscheinung, die ich in der Mitte der Stadt beobachtete, wo hohe Häuser mich nicht bis zum Horizonte hinabsehen liefsen, lange nicht erklären, bis ich vor kurzem eine ganz ähnliche Erscheinung unter günstigern Umständen wiedersah. Am 3 July 1824 Abends um 6 Uhr, war ich auf der Sternwarte, wo man gegen Nord und Nordwest hin eine freie Aussicht auf eine 2 Meilen breite Ebne, grüne Wiesen und Felder hat. Die Sonne stand mir hinter dicken Wolken, schien aber sehr hell auf jene Ebne, so dafs diese sich in ungewöhnlich lebhaftem Grün, abstechend gegen das mich umgebende Dunkel, darstellte. Und hierbei zeigte sich der untere flockige Rand einer dunkeln Wolke, die nach jener Gegend hin sich bis etwa 6 oder 8 Grad Höhe zum Horizonte herab erstreckte, deutlich grün, und auch in das Grau der höheren Wolken war etwas Grün gemischt. Dies war fast genau eben die Erscheinung, die ich früher gesehen hatte, und es war jetzt deutlich, dafs dieser Wolkenrand im Schatten der übrigen Wolken liegend, nicht von der Sonne, sondern von der grünen Ebne erleuchtet wurde, und deshalb wirklich grün, obgleich nur schmutzig grün oder mit Grau gemischt, erschien [1].

Wie sich die Abendröthe dann zeigt, wenn bei trocknem Nebel (Höhenrauch) die untergehende Sonne völlig roth, im Nebel fast verschwindet, kann ich aus Mangel an Beob-

---

1 Ob es sich mit der von *Forster* beobachteten grünen Wolke, (wovon er in seinen Bemerkungen über Gegenst. d. physischen Welt, erzählt), so verhalten habe, kann ich nicht angeben, da ich das Buch nicht nachsehen kann.

achtungen nicht angeben. Da der Himmel zu solcher Zeit nicht blau, sondern fast weiſs erscheint, so scheint hier ein Einwurf gegen die oben gegebne Erklärung statt zu finden, über welche genauere Beobachtungen eine Entscheidung geben müssen.

Bei dieser Erklärung liegt offenbar die Newtonsche Ansicht von den aus weiſsem Lichte hervorgehenden Farbenstrahlen zum Grunde; ich will jetzt andre Ansichten erwähnen, die mir keine so genügende Erklärung zu gewähren scheinen. Nach von Goethe läſst sich das Blau des Himmels sehr gut erklären, aber nicht die Erscheinung der Abendröthe. Sagt man nämlich mit von Göthe, Blau erscheine da, wo das Dunkel durch ein trübes Mittel gesehen wird, und Roth erscheine da, wo Licht durch ein trübes Mittel gesehen wird, so erhellt leicht, daſs die an sich dunkle Tiefe des Himmels blau, und daſs die untergehende Sonne roth erscheinen muſs. Aber im Abendroth zeigt sich uns selbst der wolkenlose Himmel roth; da wir nun hier doch nicht in ein Empyreum hineinblicken, sondern auch am Horizonte nichts anders als ein durch trübe Mittel gesehenes Dunkel vorhanden ist, so weiſs ich nicht, wie man diese Erscheinung erklären soll, wenn man jener Haupt-Ansicht treu bleiben will, daſs das Dunkel durch ein trübes Mittel gesehen, blau erscheine.

Noch einer andern Untersuchung über das Blau des Himmels muſs ich hier gedenken, um mich zu entschuldigen, warum ich im Vorigen nicht auf sie Rücksicht genommen habe. Muncke nämlich glaubt [1], durch einige sehr überzeugend scheinende Versuche dargethan zu haben, daſs das Blau des Himmels nur eine subjective Farbe sey, womit dann freilich alles vorhin Gesagte ganz unstatthaft würde. Der leicht anzustellende und ganz richtige Versuch, der Muncke zu diesem Schlusse veranlaſste, ist folgender: Man nehme ein inwendig geschwärztes Rohr, und sehe mit dem einen Auge durch dieses Rohr, und zugleich mit dem andern Auge frei den blauen Himmel an: so bemerkt man, daſs für das mit dem Rohr bewaffnete Auge die blaue Farbe des Himmels

1 *Schweiggers* Journal XXX. 81. Vergl. *Atmosphäre d. Erde.*

nach und nach mehr schwindet, je länger man das Auge auf den Himmel richtet, während das freie Auge den Himmel fortdauernd blau sieht. Der Schluſs, den Muncke hieraus zieht, ist sehr einleuchtend, daſs das fremde Licht jene Farbe nur hervorrufe, und diese daher sich nicht mehr zeige, wenn man das Auge gegen fremdes Licht beschirmt.

Dieser Schluſs, so wohl begründet er scheint, läſst sich aber, wie mich dünkt, dennoch durch folgende zwei Versuche widerlegen. 1. Die Wände meines Zimmers sind mit einem Blau, nur wenig blässer als das Blau des Himmels an schönen Tagen ist, gefärbt. Sehe ich diese Wände ebenso mit dem einen Auge durch das Rohr und mit dem andern freien Auge an, so erscheint die Wand mir durch das Rohr je mehr und mehr weiſs, je länger ich sie ansehe. 2. Nehme ich ein inwendig weiſses Rohr und stelle mich so, daſs die Sonne einen Theil der innern Wand des Rohres bescheint, und betrachte nun in dieser Stellung den blauen Himmel, so bemerkt das durch das Rohr sehende Auge keine Aenderung, sondern das freie und das mit dem Rohr bewaffnete Auge sahen beide den Himmel in gleich dunkler blauer Farbe. — Hiernach glaube ich den Himmel mit eben dem Rechte wirklich blau nennen zu dürfen, wie es die Wände meines Zimmers sind, und vielmehr ist jenes Blaſswerden nur durch das Angrenzende Dunkel hervorgerufen. Bekanntlich sieht man ja dunkle Gegenstände, folglich hier die dunkeln Wände des Rohres mit einem hellen Rande umgeben, und dieser helle Rand, der bei einem nicht sehr weiten Rohre den ganzen innern Raum ausfüllt, bringt im Auge die Empfindung eines lebhaften Weiſs hervor, worin die Beimischung des Blau nur als ein viel matteres Blau sichtbar bleibt. Richtet man dagegen das inwendig weiſse Rohr so, daſs am vordern Ende die innere Seite von der Sonne erleuchtet wird, so kann jener helle Rand nicht mehr erscheinen, und das durch das Rohr gesehene Blau bleibt ungeändert. Uebrigens kann man meinen ersten Versuch ebenso gut an einer grünen Wand u. s. w. anstellen, wenn die Farbe nur nicht ganz ungemein dunkel ist.

Meteorologische Betrachtungen.

Die Vorbedeutung für die Witterung des nächsten Tages oder der nächsten Tage, die man aus der Abendröthe hernehmen kann, würden, wenn ein recht kundiger Beobachter sie darstellte, wohl zu vielfachen Betrachtungen Veranlassung geben. Aber theils bin ich nicht mit so vielen Beobachtungen ausgerüstet, theils scheint es bei diesen Vorherbestimmungen auf manche kleine Verschiedenheiten, welche das Auge wohl erkennt, die man aber schwer in Worten darstellen könnte, anzukommen, theils scheint auch wirklich der Erfolg nach sehr übereinstimmend aussehender Abendröthe keinesweges immer gleich zu seyn; ich begnüge mich daher mit einigen wenigen Bemerkungen.

Wenn bei schönem blauen Himmel die Abendröthe den Himmel mit einem sanften Purpur leise zu überziehen scheint, und am Horizont nur sehr wenige Federwolken oder geschichtete Federwolken von ihr roth gefärbt erscheinen, so bedeutet dieses ziemlich sicher fortwährend gutes Wetter. Sind aber der geschichteten Federwolken mehrere, so ist die Anzeige schon trüglicher, so wie diese Wolken-Art überhaupt ganz verschiedene Witterung anzeigen kann, je nachdem sie den Federwolken selbst ähnlich, in ziemlich unveränderlichen Gestalten fortbesteht, oder im Gegentheil schnellen Wechseln unterworfen ist.

Eine weifslich gelbe Abendröthe pflegt, wie der weifslich blaue Himmel, eben kein schönes Wetter zu versprechen. Besonders deutet es, nach einer allgemeinen Behauptung der Landleute, die ich oft bestätigt gefunden habe, auf stürmisches Wetter, wenn die Sonne in einem so weifsen Lichtglanze untergeht, dafs man sie selbst in dem hellen Scheine, der den ganzen westlichen Himmel überzieht, nur wenig vorglänzend und dabei mehr weifs als gelb sieht.

Die sehr rothe trübe Abendröthe, die bei gröfstentheils bedecktem Himmel zuweilen das Grau der Wolken mit einem tiefen feurigen Purpur überzieht, scheint auch keine Vorbedeutung auf besseres Wetter zu geben. *B.*

Abendstern. s. Planeten und Venus.

Abendweite.

Amplitudo occidua; amplitude occidentale; *occiduous amplitude;* ist der Abstand des Punctes, wo ein Gestirn untergeht vom wahren Abendpuncte oder dem genauen Westen. Diese Abendweite kann offenbar eine nördliche oder südliche seyn, und da für jeden Punct auf der Erde jeder im Aequator des Himmels stehende Stern genau in Westen untergeht, so erhellt, daſs die nördlich vom Aequator stehenden Sterne und so auch Sonne und Mond, wenn ihre Abweichung *nördlich* ist, eine *nördliche* Abendweite, die *südlichen* Gestirne dagegen eine *südliche* haben.

Fig. 3 Es stelle HR den Horizont, AQ den Aequator vor, der jenen in O im wahren Westen oder Abendpuncte schneidet; er macht mit dem Horizonte einen Winkel, welcher der Aequatorshöhe des Ortes, die ich $90° - P$ nenne, gleich ist; zieht man also den durch das Gestirn gehenden Abweichungskreis PSD, der in D mit dem Aequator einen rechten Winkel macht, und denkt sich die Himmelskugel in der Stellung, da der Stern gerade untergeht, so ist S O die Abendweite, und bekanntlich

$$\text{Sin. } O : \text{Sin. } 90° = \text{Sin. } SD : \text{Sin. } SO.$$

oder wenn ich die Abweichung des Sternes DS = D nenne,

$$\text{Sin. Abendweite} = \frac{\text{Sin. } D}{\text{Cosin. } P} = \frac{\text{Sin. Abweichung.}}{\text{Cosin. Polhöhe.}}$$

Hieraus läſst sich eine Tafel für jedes Gestirn und für jede Polhöhe berechnen, wie man sie in der Sammlung astron. Tafeln. Berlin 1776. III Theil §. 245 findet.

Die Abendweite der Sonne am längsten und kürzesten Tage wo ihre Abweichung 23° 27′ 45″ beträgt, ist nämlich

unter dem Aequator	=	23°	27′	45″
in 15° geogr. Breite	=	24.	20.	34″
30° — —	=	27.	22.	14.
45° — —	=	34.	16.	06.
60° — —	=	52.	46.	41.
65° — —	=	70.	24.	26.

Diese Zahlen sind so berechnet, wie sie ohne Rücksicht auf Refraction sich ergeben; da aber die Strahlenbrechung im Horizonte bei uns mehr als ½ Grad und in höhern Breiten oft noch viel mehr beträgt, so darf man die Rücksicht darauf nicht vernachlässigen, wenn man z. B. um die Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen, die Abendweite genau wissen muſs. Da die Rechnung dann, wie bei Bestimmung des Azimuth geführt wird, so vergl. *Azimuth*. **B.**

Abirrung des Lichtes.

Aberratio luminis; aberration de la lumière; *aberration*. Wenn man einen Stern das ganze Iahr durch mit groſser Genauigkeit beobachtet, so bemerkt man, daſs er nicht ganz strenge in demselben Puncte des Himmels erscheint, sondern anscheinend eine Ellipse, deren groſse Axe ungefähr 40 Sec. beträgt, um den Ort, den man seinen mittleren Ort nennen könnte, durchläuft. Diese Ellipse ist desto weniger von einem Kreise verschieden, je näher der Stern dem Pole der Ekliptik steht, und wird genau während eines Umlaufs der Erde um die Sonne durchlaufen. Der Stern erscheint also etwas entfernt von dem Orte, wo er eigentlich erscheinen sollte, und wo er, (wie sich gleich zeigen wird,) erscheinen würde, wenn die Erde ruhete, und dieser Abstand ist es, den man *Aberration*, *Abirrung*, oder *durch Abirrung des Lichtes entstanden*, nennt.

Die Ursache dieser veränderten Richtung, in welcher der Lichtstrahl unser Auge trifft, ist die *Fortpflanzung des Lichtes und die Bewegung der Erde*.

Es ist aus andern Beobachtungen bekannt, daſs der Lichtstrahl in gerader Linie, und mit einer zwar sehr groſsen, aber doch nicht unendlich groſsen Geschwindigkeit fortgeht. Wenn die Erde ruhete, so würde es, indem wir unser Fernrohr nach einem Sterne richten, völlig einerlei seyn, ob das Licht langsam oder schnell zu uns gelangte; immer würde der Stern nur dann uns in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinen, wenn die Axe des Fernrohrs genau mit der von der ruhenden Erde zu dem ruhenden Sterne hingezogenen geraden Linie zusammenfiele, und diese Richtung der Axe des Fernrohrs würde uns also den wahren Ort des Sternes

am Himmel angeben. Hat die Erde dagegen eine Bewegung, so wird der in das Fernrohr eintretende Lichtstrahl, während seines Fortganges durch das Fernrohr, nicht mehr in der Axe desselben bleiben, wenn das Fernrohr parallel mit der vom Sterne zur Erde gezogenen geraden Linie ist; sondern es wird nöthig werden, dem Fernrohr eine etwas gegen jene Linie geneigte Richtung zu geben; und da es uns nun scheint, als wäre die Richtung des Fernrohrs, wobei uns der Stern in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint, eben die nach dem Sterne gezogne gerade Linie, so bestimmen wir den Ort des Sterns um so viel unrichtig, als jene Neigung beträgt.

Fig. 4 Es sey SB der von dem Sterne kommende Lichtstrahl und dieser treffe gerade dann in B ein, wenn auch das mit der bewegten Erde fortrückende Auge dort ankömmt, A dagegen sey der Punct, wo das Auge sich befindet, wenn das Lichttheilchen bei C in das Fernrohr eintritt. Giebt man nun dem Fernrohre die Richtung AC, so dafs es bei der Fortbewegung des Auges nach DE, BF gelangt, so bleibt das durch das Fernrohr fortbewegte, immer die gerade Richtung SCB verfolgende Lichttheilchen immer in der Axe des Fernrohrs; denn diese ist nach DE gelangt gerade dann, wenn das Lichtheilchen in G angekommen ist, und ebenso findet man in jedem Augenblicke das Lichttheilchen in einem Puncte der Axe des Fernrohrs, während diese von A nach B fortrückt [1]. Der Winkel FBS ist gleich der Abirrung des Lichtes, und diese ist offenbar desto geringer, je schneller die Bewegung des Lichtes ist, oder je kleiner der von der Erde, während das Licht von C nach B gelangt, durchlaufene Bogen AB ist.

---

1 Ein mehr in die Sinne fallendes Beispiel erläutert dies noch besser. Wir wollen uns einen nach der Richtung SB herabfallenden Regentropfen denken, und fragen, in welcher Richtung wir, während wir uns fortbewegen, ein Rohr halten müssen, damit der Tropfen in der Axe des mit uns fortbewegten Rohres bleibe, während er das Rohr durchläuft? Fällt dieser Tropfen genau durch den Raum CB herab, während das parallel fortrückende Rohr von AC nach BF gelangt, so wird der Tropfen so aufgefangen, dafs er das Rohr nicht benetzen oder an der Wand klebend bleiben kann, denn bei jeder veränderten Stellung des Rohres ist er genau in der Axe desselben.

lie Erde dagegen eine Bewegung,
eintretende Lichtstrahl, wäh-
h das Fernrohr, nicht mehr in
wenn das Fernrohr parallel mit
zogenen geraden Linie ist; son-
dem Fernrohr eine etwas gegen
zu geben; und da es uns nun
ing des Fernrohrs, wobei uns
sichtsfeldes erscheint, eben die
rade Linie, so bestimmen wir
el unrichtig, als jene Neigung

Sterne kommende Lichtstrahl
in B ein, wenn auch das mit
nde Auge dort ankömmt, A da-
Auge sich befindet, wenn das
Fernrohr eintritt. Giebt man
htung AC, so dafs es bei der
h DE, BF gelangt, so bleibt
wegte, immer die gerade Rich-
heilchen immer in der Axe des
ach DE gelangt gerade dann,
angekommen ist, und ebenso
ke das Lichttheilchen in einem
, während diese von A nach
FBS ist gleich der Abirrung
ibar desto geringer, je schnel-
ist, oder je kleiner der von
von C nach B gelangt, durch-

des Beispiel erläutert dies noch bes-
Richtung SB herabfallenden Regen-
her Richtung wir, während wir uns
en, damit der Tropfen in der Axe
ibe, während er das Rohr durch-
rch den Raum CB herab, während
C nach BF gelangt, so wird der
Rohr nicht benetzen oder an der
bei jeder veränderten Stellung des
lben.

Aus den Verfinsterungen der Iupiters-Monde hat man berechnet[1], dafs das Licht 42000 Meilen in 1 Sec. durchläuft, oder dafs sich die Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, wie der Halbmesser zu dem Bogen von 20,25 Sec. verhält. Da nun, wenn die Richtung des Strahles senkrecht auf die Richtung der Bewegung der Erde ist, offenbar $\frac{AB}{BC}$ = tang. d. Abirrung, oder bei so kleinen Bogen, $\frac{AB}{BC}$ = dem Bogen der Abirrung gefunden wird, so beträgt die Aberration für Sterne am Pole der Ekliptik 20,25 Sec., wofür ich m setzen will; diese Sterne scheinen einen Kreis von diesem Halbmesser um ihren wahren Ort zu durchlaufen. Um zu übersehen, nach welchem Puncte dieses Kreises wir in jedem Augenblicke unser Fernrohr richten, wollen wir die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn von 0 ♈ nach ♋, nach ♎ und so weiter verfolgen. Die wahre Richtung von der Sonne nach dem Sterne X nehmen wir als senkrecht auf die Ebene der Ekliptik an, und es ist bekannt, dafs wir wegen der grofsen Entfernung des Sternes, dem wir hier gar keine Parallaxe beilegen, das Licht des Sternes, wenn die Erde ruhete, so empfangen würden, als ob der Lichtstrahl parallel mit XS zu uns gelangte. Wegen der Bewegung der Erde aber müssen wir, um den Lichtstrahl richtig aufzufangen, das Fernrohr um m Sec. vorwärts neigen, und da dies in jedem Puncte der Bahn statt findet, so erscheint der Stern uns um so viel gegen den Punct der Ekliptik, auf welchen unser Lauf gerichtet ist, vom Pole der Ekliptik weggerückt; also wenn die Erde heliocentrisch in 0 ♈ steht, so scheint der Stern dem 0 des Krebses näher; ist die Erde in 0 ♋, so ist der Stern vom Pole gegen 0 ♎ zu entfernt, u. s. w. d. i. wir sehen den Stern, der eigentlich im Pole der Ekliptik erscheinen sollte, allemal unter einer Länge, die 90 Grad mehr als die heliocentrische Länge der Erde beträgt, oder sehen ihn gegen das Gestirn hin vom Pole entfernt, wohin die Erde heliocentrisch drei Monate später gelangt.

[1] S. *Licht*.

Ebenso leicht läſst sich übersehen, wie die Abirrung die scheinbare Lage derjenigen Sterne ändert, die in der Eklip-
Fig. tik selbst stehen. Es sey QRST die Bahn der Erde, und
6 in der Richtung AX stehe ein Stern; dann muſs ich, wenn die Erde in Q sich nach R bewegt, das Fernrohr ein wenig vorwärts nach QZ richten, um den Stern zu sehen; der Stern scheint mir also ein wenig vorgerückt, seine Länge ist gröſser, als sie seyn sollte, zu der Zeit, wann er mit der Sonne in Opposition ist. Befindet sich die Erde in R, so entfernt sie sich in der Richtung des Lichtstrahles selbst von dem Sterne, und das Fernrohr bekömmt keine von der Richtung des Lichtstrahles verschiedene Stellung; die Abirrung ist $= 0$, wenn der Stern 90 Grade von der Sonne entfernt ist. In S hingegen, muſs das Fernrohr wieder etwas vorwärts nach SY gerichtet werden, und der Stern würde, wenn wir ihn bei der Conjunction mit der Sonne sehen könnten, um etwas zurück gerückt in der Ekliptik erscheinen, jetzt eben so eine um m Sec. zu kleine Länge haben, wie er bei der Opposition eine um m Sec. zu groſse Länge hatte; und hier bestände also die durch die Abirrung des Lichtes hervorgehende Erscheinung in einem bloſsen Hin- und Herrücken auf der Ekliptik.

Hieraus erhellt hinreichend, warum Sterne, die zwischen der Ekliptik und ihrem Pole stehen, Ellipsen, desto minder breit, je näher der Stern der Ekliptik ist, zu durchlaufen scheinen. Um aber die allgemeinen Formeln für die Gröſse der Aberration und für die daraus in Länge und Breite
Fig. entstehende Correction des scheinbaren Ortes zu finden, sey
5 die Erde in T und bewege sich durch TW in eben der Zeit, in welcher der von einem Sterne kommende Lichtstrahl V′W von V′ nach W gelangt. Aus dem Vorigen erhellt, daſs das Fernrohr dann in T die Lage TV′ erhalten muſs, statt daſs TV den Stern treffen würde; $V'TV = a$ ist also die Aberration, und da diese so klein ist, daſs man Sin. a mit a als einerlei ansehen kann, so ist $a = \frac{WT}{WV'}$. Sin. WTV′ oder $a = m$. Sin. WTV′, oder da Sin. WTV′ und Sin. WTV um so ungemein wenig verschieden sind, $a =$ m. Sin. WTV.

Es läſst sich leicht übersehen, daſs das Fernrohr in der Ebne W T V bleibt, in welcher der kleine Weg des Auges und der gleichzeitige des Lichtstrahls liegt; wir können daher V T V' als Differential von W T V ansehen, und wenn T U, T U' die Projectionen der T V, T V' auf die Ekliptik sind, so ist U T U' $=-$ d. W T U die Aberration in der Länge, und V' T U' — V T U $=$ d. V T U die Abirrung in der Breite. Es sey nun des Sternes Breite $=\beta$, seine Länge $=\lambda$, die Länge der Sonne $=$ L, also W T U $=$ L $-\lambda-90°$, so ist, wenn ich die Neigung der Ebne V T W gegen die Ekliptik $=$ I setze,

$$\text{Tang. WTU} = \text{Tang. WTV. Cos. I},$$
$$\text{Sin. VTU} = \text{Sin. VTW. Sin. I},$$

und hieraus, da d. W T V $=-$ m. Sin. W T V war,

$$\text{d. WTU. Sec.}^2\,\text{WTU} = -\frac{\text{m. Sin. WTV. Cos. I.}}{\text{Cos.}^2\,\text{WTV}},$$

oder Abirrung in der Länge $=$

$$+\text{m. Sin. WTV. Cos. I.}\frac{\text{Cos.}^2\,\text{WTU}}{\text{Cos.}^2\,\text{WTV}'}$$
$$=+\text{m.}\frac{\text{Sin. WTV. Cos. I.}}{\text{Cos.}^2\,\text{UTV}},$$
$$=+\frac{\text{m. Sin. WTU}}{\text{Cos. UTV}},$$
$$=-\frac{\text{m. Cos. }(\text{L}-\lambda)}{\text{Cos. }\beta};$$

und ferner

$$\text{d. VTU. Cos. VTU} = -\text{m. Sin. WTV. Cos. WTV. Sin. I.}$$

oder die Abirrung in der Breite

$$=-\frac{\text{m. Sin. WTV. Cos. WTV. Sin. I.}}{\text{Cos. }\beta}$$
$$=-\text{m. Sin. }\beta\text{. Sin. }(\text{L}-\lambda).$$

Hieraus läſst sich ferner die Abirrung in gerader Aufsteigung und in Abweichung finden. Man erhält sie, wenn man die Formeln, welche die gerade Aufsteigung $=\alpha$ und Declination $=\delta$ des Sternes aus der Länge und Breite geben, diffe-

rentiirt und dann für d λ und d β die eben gefundenen Werthe setzt [1]. Man findet dann die Abirrung in gerader Aufsteigung $= d\,\alpha =$

$$-\text{m. Sec. }\delta\ \{\text{Cos. e. Cos. }\alpha.\ \text{Cos. L} + \text{Sin. }\alpha.\ \text{Sin. L}\}$$

wenn e die Schiefe der Ekliptik ist, und die Abirrung in der Abweichung

$$= d\,\delta = -\text{m. Sin. e. Cos. }\delta.\ \text{Cos. L}$$
$$-\text{m. Sin.}\delta\{\text{Cos.}\alpha.\text{Sin.L} - \text{Cos. e. Sin. }\alpha.\text{Cos.L}\}.$$

Aus diesen Formeln hat man Tafeln berechnet, die man in *Bessels Fundamentis astronomiae*, in *De Zach Tabulae speciales aberrationis et nutationis* etc. *Gothae* 1806. findet.

Ferner in:

Nouvelles tables d'aberration et de nutation pour quatorze-cent-quatre étoiles, avec une table générale d'aberration pour les planètes et les comètes, précédées d'une instruction, qui renferme l'explication de l'usage de ces tables. etc. Marseille 1812. und

Supplément aux tables d'aberration par M. de Zach. Marseille 1813. Endlich auch *von Zach Correspondance astronomique*. Vol. IV. p. 158.

Wegen der ungleichförmigen Bewegung der Erde in ihrer Bahn muſs die Aberration etwas corrigirt werden, indem die Abirrung des Lichtes gröſser ist, wenn die Erde sich schneller bewegt. Eigentlich sollte auch noch auf die tägliche Drehung der Erde Rücksicht genommen werden, aber diese ist zu langsam, um einen nur irgend merklichen Einfluſs zu haben [2].

Die bisher betrachtete Abirrung ist bei Fixsternen und Planeten auf gleiche Weise zu berücksichtigen. Bei den Planeten oder Cometen aber muſs man zugleich noch erwägen, daſs der in diesem Augenblick das Auge treffende Strahl SB, nicht von dem Puncte ausging, wo sich jetzt der Planet befindet, sondern von dem, wo er um so viele Minuten oder Secunden früher sich befand, als das Licht gebraucht, um von ihm zu uns zu gelangen. Kennen wir also seine Entfernung von der Erde, und wissen, daſs das Licht 1 Sec. ge-

Fig. 4

1 Vergl. Art. *Aufsteigung* u. *Abweichung*.

2 Littrow theoret. u. praktische Astronomie. I. S. 61. 63.

braucht, um von ihm zu uns zu gelangen, so befand sich der Planet t Sec. vor dem Momente der Beobachtung in dem Puncte seiner Bahn, welchen die nach dem Vorigen corrigirte Richtungslinie trifft[1].

Ueber den wahren Werth der Gröfse m, die ich obenhin 20,25 Sec. angegeben habe, findet noch einige Ungewifsheit statt. Nach Delambre, welcher die beobachteten Verfinsterungen des ersten Iupiters-Mondes alle in Beziehung auf die sich daraus ergebende Geschwindigkeit des Lichtes berechnet hat, folgt die Abirrung $m = 20'',255$. Bessel aber zeigt[2], dafs sich aus Bradleys Beobachtungen mehrerer Fixsterne die Abirrung gröfser ergebe, so dafs man die Aberrations-Constante auf $20'',7$ setzen müfste, wenn man *alle* dort betrachtete Beobachtungen zum Grunde legen wollte. von Lindenau findet[3] aus einer sehr grofsen Menge vorzüglich guter eigner und fremder Beobachtungen des Polarsterns $m = 20'', 449$. Es scheint also fast, als ob die Beobachtung der Sterne die Geschwindigkeit des Lichtes etwas kleiner gäbe, als die Beobachtungen der Verfinsterung der Iupiters-Monde; aber über so ungemein kleine Differenzen ist es schwer etwas ganz Entschiedenes festzusetzen. Uebrigens warf schon Lichtenberg die Frage auf, ob denn die Abirrung bei allen Sternen gleich, und ob sie zum Beispiel bei den rothen nicht anders als bei den bläulich erscheinenden Sternen seyn möge.

Wie die Beobachtungen zur Kenntnifs der Aberration geführt haben, mag folgende kurze Geschichte der Entdekkung dieser Erscheinung zeigen[4]. Bradley und Molineux unternahmen, um Dr. Hooks Beobachtungen über die Parallaxe der Fixsterne zu bestätigen, eine Reihe von Beobachtungen des Sternes γ im Drachen, mit einem von Graham sehr vollkommen gearbeiteten Zenithsector. Die Beobachtungen

---

1 Vergl. Gauss theoria mot. corp. coel. p. 68; auch scheinen Pauckers Resultate d. Aberrationstheorie (Bode Jahrbuch 1825. S. 112.) nähere Prüfung zu verdienen.

2 Fundam. p. 123.

3 Jahrb. 1818. p. 251; 1820. p. 310.

4 Phil. Transact. Vol. 35. p. 637.

wurden am 3. Dec. 1725 angefangen, und schon am 17. Dec. bemerkte Bradley, dafs der Stern etwas südlicher erschien, als bei den frühern Beobachtungen. Man fürchtete dies einer Ungenauigkeit der Beobachtung zuschreiben zu müssen, aber da jene Aenderung am 20. Dec. zugenommen hatte, und die Beobachter bei aller Sorgfalt keine Aenderung in der Aufstellung des Instruments wahrnehmen konnten, so setzten sie ruhig und mit gröfster Sorgfalt ihre Beobachtungen fort, obgleich sie, da eine Parallaxe die Lage des Sterns in dieser Jahreszeit nicht so ändern konnte, die Ursache der Erscheinung durchaus nicht errathen konnten. Bis zum März erschien der Stern immer mehr und endlich 20 Sec. südlicher, als beim Anfange der Beobachtungen; dann ward er stillstehend, fing im April an zu nördlichern Stellungen zurück zu gehen, stand im Iuni eben so wieder wie im December; änderte um diese Zeit in 3 Tagen seine Zenithdistanz im Meridian um 1 Sec.; im September stand er 39 Sec. nördlicher als im März; und gelangte, nun wieder südwärts rückend, im December abermals zu der Stellung, wo man ihn beim Anfange der Beobachtungen gesehen hatte.

Da eine Parallaxe des Sterns seine nördlichste und südlichste scheinbare Stellung in andern Jahreszeiten geben mufste; da eine Aenderung in der Lage der Erd-Axe zwar die Erscheinungen dieses einen Sternes, aber nicht die gleichzeitigen Beobachtungen andrer Sterne (die ihre Meridianhöhe keinesweges so sehr änderte,) erklären konnte: so blieb die Ursache immer noch unbekannt.

Bradley fing am 19. Aug. 1727 eine neue Reihe von Beobachtungen an, und bemerkte an den jetzt beobachteten 12 Sternen, dafs sie alle weiter nach Süden rückten, wenn sie bei Tage, und nach Norden, wenn sie bei Nacht durch den südl. Meridian gingen, dafs sie ungefähr am nördlichsten erschienen, wenn sie um 6 U. Abends, am südlichsten, wenn sie um 6 U. Morgens durchgingen, und dafs die gröfsesten Differenzen wenigstens bei den Sternen, die den Koluren der Sonnenwende nahe ständen, dem Sinus der Breite proportional wären.

Nach Vollendung eines Iahres verglich er nun alle Beobachtungen, und nachdem er alle Vermuthungen, dafs Feh-

ler des Lothes, unrichtig angenommene Refraction u. s. w. Schuld seyn könnten, untersucht und sich vom Gegentheil überzeugt hatte; stellte er die Betrachtung an, dafs ja auf der bewegten Erde ein Stern uns nicht in der Richtung wie auf der ruhenden Erde, folglich auch nicht in unveränderter Richtung erscheinen könnte. Diesen Gedanken verfolgte er, zeigte, dafs jeder Stern eine kleine Ellipse zu beschreiben scheinen müsse, und dafs alle von ihm und Molineux beobachtete Erscheinungen diesem gemäfs wären; jetzt zeigte sich auch, warum die vorhin aus den Beobachtungen nur als ungefähr richtig abgeleiteten Regeln nicht ganz strenge auf alle Sterne pafsten u. s. w. Die Beobachtungen der einzelnen Sterne wurden nun genau berechnet, um den Werth von m daraus herzuleiten; sie gaben ihn zwischen 20″,0 und 20″,5, daher Bradley 20″,25 annimmt.

Diese Geschichte der Entdeckung zeigt zwar nur, wie man die Meridianhöhe anwenden kann, um die Abirrung zu bestimmen; aber es läfst sich leicht übersehen, dafs auch sehr genaue Beobachtungen der Zeit des Durchganges durch den Meridian zu allen verschiedenen Jahreszeiten angestellt, dazu dienen können. Jede mit vollkommner Genauigkeit angestellte Reihe von Beobachtungen, wie z. B. die von Bessel, giebt daher Stoff, um auch die Abirrung künftig noch genauer zu bestimmen. *B.*

Ablenkung der Magnetnadel.

Abirrung der Magnetnadel; Deviation de l'aiguille aimantée; *Deviation of the compas.* Mit diesen Namen bezeichnen einige nautische Schriftsteller diejenige Entfernung der Magnetnadel vom *magnetischen Meridian* [1], welche durch örtliche Anziehung, namentlich durch diejenige des Eisens im Schiffe hervorgebracht wird. Sie ist vorzüglich in höhern Breiten spürbar, und ist daher bei der Seltenheit wissenschaftlicher Reisen nach jenen Gegenden lange Zeit unbeachtet geblieben, weil man die sich ergebenden Unregelmäfsigkeiten mehr den Schwierigkeiten der Beobachtung, und (wohl oft mit Recht) den Mängeln der Compasse überhaupt zuschrieb.

---

1 S. *Abweichung der Magnetnadel.*

Daſs die Magnetnadel zu Lande durch Eisenhaltige Felsmassen von ihrer Richtung abgelenkt werde, ist bekannt; daſs aber die in einem Schiffe vertheilten Eisenstücke einen so kräftigen Einfluſs auf dieselbe äuſsern könnten, fiel Niemandem ein zu vermuthen, bis die bedeutendern Störungen in hohen Breiten die Beobachter auf die wirkliche Existenz einer äuſsern Ursache hinführten. Der Erste, der sich hierüber mit Bestimmtheit ausdrückt, ist der Astronom von Cooks zweiter Reise, Wales. Auf der Fahrt von England bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung, und noch im Canal zwischen England und Frankreich bemerkte er Unterschiede von 5 bis 6 Graden; doch schien ihm damals die Lage des Schiffes zu ihrer Erklärung nicht hinreichend. Er fand, daſs in der südlichen Erdhälfte die stärksten nordwestlichen Abweichungen statt fanden, wenn das Vordertheil des Schiffes nach Norden und Osten, die geringsten, wenn es nach Süden und Westen gekehrt war. Cook und seine Officiere, denen er seine Bemerkung mittheilte, schienen anfangs kein sonderliches Gewicht darauf zu legen; bald aber traten Fälle ein, wo Beobachtungen in den erwähnten Lagen gemacht wurden, die seiner Vermuthung günstig waren; und am Schluſs der Reise glaubte Wales sich berechtigt, den Ausspruch zu thun; „daſs Beobachtungen der maghetischen Ab„weichung bei verschiedenen Richtungen des Schiffes ange„stellt, oder auch in verschiedenen Stellen auf demselben, „sehr ungleiche Resultate geben müſsten; und daſs diese Un„gleichheit auch besonders solche Beobachtungen treffe, die „auf verschiedenen Schiffen gemacht würden.“ Cook selbst, ohne jedoch der vorhergegangenen Anzeige seines Astronomen zu gedenken, bemerkt unter Anderm in der Beschreibung seiner zweiten Reise[1]. „In 48°,5 südlicher Breite „und 60° östl. Länge fanden wir, wenn die Sonne auf der „rechten Seite des Schiffes stand, die magnetische Abwei„chung 27° 50′ Westl., hingegen 30° 26′, wenn die Sonne „zur Linken sich befand. Dies war, fügt er hinzu, nicht „das erste mal, daſs wir diese Wahrnehmung machten, ohne „jedoch im Stande zu seyn, irgend einen Grund dafür anzu-

1 Th. I. p. 50 der dritten englisch. Ausgabe in 4.

„geben." Die neue Entdeckung blieb jedoch unbeachtet, bis etwa zehn Iahre später der Dänische Admiral Löwenörn in einem der Akad. d. W. zu Kopenhagen im J. 1788 übergebenen Aufsatze auf die Veränderungen aufmerksam machte, welche die Angaben des Compasses bei verschiedenen Cursen des Schiffes erleiden. Löwenörn belegte dieses mit Beobachtungen, die er im J. 1786 auf einer Reise nach Island angestellt, und bei welchen er zum erstenmale die jedesmalige Lage des Schiffes notirt hatte. Doch auch diese Aufforderung hatte mit den frühern gleiches Schiksal, und, obwohl gleichzeitige und spätere Seefahrer Phips [1], D'Entrecasteaux, Vancouver ähnliche Anomalien in den Angaben des Compasses wahrnahmen, so begnügte man sich doch immer nur mit dunkeln Vermuthungen und Unbegreiflichkeiten, bis endlich Flinders durch eigne Erfahrung und die Bemerkungen seiner Vorgänger bewogen, der Sache genauer nachspürte. Er hatte auf seiner Reise nach dem *Südlande* (Terra Australis, Neuholland) das Nämliche bemerkt, was Cook und Wales gefunden hatten; und dies veranlaſste ihn, wenigstens im Verfolg der Reise soviel möglich bei den Azimuthalbeobachtungen auch zugleich die Lage des Schiffes in Beziehung auf den Meridian ungefähr zu notiren. Die Menge der Beobachtungen setzte ihn in den Stand, den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung deutlicher zu erkennen, und er fand, daſs „wenn das Schiff eine östliche Richtung „hatte, die Fehler alle auf die gleiche, bei einer westlichen „Richtung des Schiffes ebenfalls alle auf die entgegengesetzte „Seite fielen; daſs hingegen die Beobachtungen, die man „angestellt hatte, wenn das Schiff nach Norden lag, mit denjenigen wohl zusammenstimmten, die in einer südlichen „Lage des Schiffes, oder am Lande, entfernt von Localeinwirkungen, gemacht worden waren." Flinders schloſs hieraus, „daſs das Eisen im Schiffe eine Anziehung auf die Nadel äuſsere, vermöge welcher sie der Richtung des Schiffes „selbst zugelenkt werde; mit dem bemerkenswerthen Unter-

1. Phips Voyage towards the North Pole. pag. 113. Sieben Beobachtungen am Nachmittage, die unter sich auf einen Grad übereinstimmten, gaben eine Abweichung, die von sechs vormittägigen und den nachfolgenden Beobb. um 9° 22' verschieden war.

„schiede, daſs in der nördlichen Erdhälfte das Nordende, in „der südlichen das Südende der Nadel angezogen wurde [1].“

Aus den Beobachtungen ergab sich ferner, daſs in hohen Breiten die Fehler gröſser waren, als näher zum Aequator; doch schienen sie mit den Breiten selbst in keinem richtigen Verhältnisse zu stehen. Dagegen hielt ihre Zunahme in beiden Erdhälften mit der *magnetischen Neigung* [2] ziemlich gleichen Schritt, so daſs z. B. in der Baſsstraſse und im Canal zwischen England und Frankreich, wo die südliche Inclination der nördlichen gleich kömmt, die Fehler einerlei Gröſse hatten, jedoch auf ungleiche Seiten gingen.

Schwieriger war es, aus so unvollständigen Beobachtungen den relativen Einfluſs auszumitteln, den die *Lage* des Schiffes auf die Ablenkung der Nadel ausübte. Flinders nahm an, „daſs die störende Kraft des Schiffes sich wie der „Sinus seines Abweichungswinkels vom magnetischen Meri„dian verhalte:“ ein Schluſs, den er später durch directe Versuche, die auf Befehl der Englischen Admiralität in den Häfen von Sheerneſs, Portsmouth, und Plymouth angestellt wurden, bestätigte, als er nach siebenjähriger Einkerkerung auf Isle de france im J. 1810 wieder den heimathlichen Boden betrat. Nach dieser Regel bestimmte Flinders die Maxima der magnetischen Aberration aus seinen Reisebeobachtungen, und dividirte dieselben durch die beobachtete Neigung der Magnetnadel; so erhielt er folgende Zahlen:

In der Breite		Bei der Neigung		Max. d. Fehler	Fehler in Theilen der magn. Inclination.
50°	Nördl.	72°	—	3° 52′	0,0537
4	—	29	—	1 31½	0,0526
37	Südl.	67	—	3 28	0,0517
34	—	64	—	3 9	0,0492
32	—	62	—	2 56	0,0473
24	—	52	—	2 39	0,0510
16	—	43	—	2 8	0,0496
				Mittel . . .	0,0508

1 Wir bemerken hier, daſs wir nach dem Gebrauch der deutschen und englischen Schriftsteller unter *Nordende*, denjenigen Theil der Magnetnadel verstehen, welcher dem *Nordpol der Erde* sich zuwendet. Die französischen Naturforscher drehen diese Benennung um.

2 *S. Neigung der Magnetnadel.*

Es ergiebt sich hieraus, daſs für FLINDERS Schiff, den *Investigator*, das Maximum der Aberration etwa $\frac{1}{20}$ der dem Orte zukommenden magnetischen Neigung betrug.

Wenn auch der letztere Satz von theoretischer und praktischer Seite nicht unbestritten bleiben konnte, so war doch durch FLINDERS dieser für die Nautik und die Physik gleichwichtige Gegenstand dergestalt in Anregung gebracht worden, daſs Physiker und Seefahrer sich bemühten, ihn aufzuhellen. Unter den Letztern zeichnet sich vor Allen ein Mann aus, den eine vieljährige Erfahrung mit allen Eigenthümlichkeiten der arktischen Gewässer vertraut gemacht hatte, der jüngere SCORESBY. Die Versuche, welche er auf seinen Reisen nach Spitzbergen in den Jahren 1815 und 1817 anstellte, bestätigten Flinders's Erfahrungen und Schlüsse, und leiteten ihn noch zu einigen neuen Bemerkungen, von denen wir hier die wichtigsten ausheben[1].

1. Alle gröſsere und kleinere Eisenstücke im Schiffe haben eine Tendenz magnetisch zu werden, auf der Nordhälfte der Erde *oben südlich, unten nördlich*. Auf der *Südhälfte* umgekehrt.
2. Der Gesammteinfluſs aller dieser Theile vereinigt sich in einem magnetischen *Anziehungsfocus*, dessen Hauptsüdpol nahe an der Mitte des obern Verdecks ist, doch näher dem *Vordertheil* des Schiffes als dem Hintertheil.
3. *Geschmiedetes* Eisen scheint attractiver zu seyn, als *Guſseisen;* die Anker wirken stärker als die Cannonen; deswegen liegt auch jener Focus näher nach *Vornen* im Schiff.
4. Diese Einwirkung ändert sich a. mit der Neigung der Magnetnadel; b. mit der Stelle des Compasses, c. mit der Richtung des Schiffes, (nach FLINDERS's Regel.)
5. Wird ein Compaſs einem groſsen Stück Eisen, der Spindel des Cabestan's oder einem Anker auf sechs bis acht Fuſs genähert, so überwiegt die Wirkung dieses Körpers den Einfluſs des erwähnten Focus. Die Abirrung variirt nach der gegenseitigen Lage der drei Körper, Focus, Compass und Eisenmasse. Das Oberende der Spindel wirkt so stark, daſs, je nachdem der Compaſs auf der Trommel des

1 Philosoph. Trans. 1819. I. 99.

Cabestan's versetzt wird, man die Richtung der Nadel ganz umkehren kann.

Noch mehr wurde diese Untersuchung namentlich in Beziehung aufs Nautische erweitert, als im J. 1818 die seit anderhalb Jahrhunderten verlassene Frage über die Möglichkeit einer Durchfahrt nach dem Südmeere im Norden wieder in Anregung kam, und zwei englische Schiffe, Isabella und Alexander nach der Baffinsbay gesandt wurden. Die Annäherung zum magnetischen Pol und die dadurch vermehrte Intensität der magnetischen Kraft in verticaler Richtung, machte die bereits gefundenen Anomalien in auffallendem Maafse hervortreten, und gab selbst zu neuen Bemerkungen Gelegenheit. Das Wesentliche dessen, was der Befehlshaber, Capt. Ross[1] und sein Begleiter, Sabine[2] hierüber mitgetheilt haben, ist in folgenden Sätzen enthalten:

1. Die *Richtung der Nullpuncte* der Aberration geht keinesweges, wie Flinders aus seinen Beobachtungen, obwohl nicht unbedingt, angenommen hatte, durch die *Länge des Schiffes*, sondern je nach Vertheilung der Eisenmassen in demselben, der Stelle des Compasses, und seiner Erhöhung über dem Verdeck in irgend einer *schiefen Richtung* durch dasselbe. Beim Alexander war sie beinahe winkelrecht auf die Länge des Schiffs. Man bestimmte zu dem Ende am Ufer oder auf dem Eise das magnetische Azimuth eines sehr entfernten Objects: und dann gab auf der Isabella der Compass eben dieses richtige Azimuth an, wenn das Schiff S. 22° W., oder N. 17° O. lag: auf dem Alexander hingegen war dieses erst dann der Fall, wenn das Schiff N. 70° W. oder S. 80° O. stand. Im letztern Schiffe lag aber auch der Compafs beinahe auf der Ebene des Verdeckes selbst. Setzte man einen andern Compafs etwa neun bis zehn Fufs über dem Verdeck, so lag der Nullfehler so ziemlich Nord in Süd, und die Abirrung betrug in der Ost- und Westrichtung des Schiffes nahe 20°, gerade so wie auf der Isabella. Uebrigens zeigten die Steuercompasse beider Schiffe beständig einen Unter-

---

1 Rofs Voyage to the Baffins Bay. Appendix.

2 Philos. Trans. 1819. I. 112.

schied von 11 Graden. Man mufs also in Flinders's Regel zur Correction der Abirrungen statt: „Abweichung des Schiffes vom magnetischen Meridian" setzen „die gefundene *Richtung des Nullfehlers*", und: statt „Ost- und West-Richtung" die Worte „*Richtung der gröfsten Abirrung*."

2. Flinders's Hypothese, dafs das Maximum der Abirrung oder die störende Kraft des Schiffeisens der magnetischen Neigung proportional sey, kann nur innerhalb der Breiten gelten, in welchen seine Beobachtungen gemacht wurden. Was Flinders für eine Wirkung *vermehrter* magnetischer Anziehungskraft ansah, kann eben so gut als Folge einer *Verminderung der dirigirenden Kraft* des Erdmagnetismus *in horizontaler Richtung* betrachtet werden; wobei indessen nicht geleugnet wird, dafs der Magnetismus der aufrechtstehenden Stangen- und Eisenmassen im Schiff nicht mit der Inclination und der Intensität des Erdmagnetismus *zunehme*, und so die Abirrung der Magnetnadel vergröfsern könne. Jene Regel aber, dafs die Abirrung einen constanten aliquoten Theil der magnetischen Neigung ausmache, wird durch bestimmte Erfahrungen widersprochen, indem auf der Isabella bei einer Neigung von 74° die Abirrung $5°\frac{3}{4}$ also $\frac{1}{13}$ der Neigung betrug, während dem sie bei der Inclination von 84° bis auf $20\frac{1}{2}°$, mithin bis auf $\frac{1}{4}$ der Neigung anstieg.

Am Schlusse führt Ross noch die Anleitung bei, wie man aus den Beobachtungen die Deviation des Compasses finden könne. Dies geschieht, indem man am Lande oder auf dem Eise, allenfalls auch in einem Boot, dessen Beschlag von Messing ist, oder in einer beträchtlichen Erhebung *über* dem Schiff, entfernt von örtlichen Anziehungen, das Azimuth eines entlegenen irdischen Objects, oder auch der Sonne im Horizonte bestimmt, und die nämliche Beobachtung gleichzeitig auf dem Schiffe, selbst bei verschiedenen Richtungen desselben, wiederholt. Da jedoch das Quantum der Deviation mit der magnetischen Neigung nach einem unbekannten Gesetz sich ändert, und man nicht immer Gelegenheit finden möchte, eine so umständliche Prüfung vorzunehmen, so schlug P. Barlow, Prof. an der Königl. Militärakad. in Woolwich, vor, eine Eisenplatte in einer solchen Lage und Ent-

fernung vom Compaſs zu befestigen, daſs sie den Winkel der Ablenkung *verdoppele*, und diese Stelle durch ein Zeichen zu bemerken. Wünscht man nach einiger Zeit wieder die Deviation zu prüfen, so darf man nur die Richtung der Magnetnadel erst *ohne* und dann *mit* der Platte beobachten; der Unterschied giebt die gesuchte Ablenkung.

Ueberhaupt gebührt Barlow das Verdienst, die Gesetze, nach welchen die Eisenmassen auf die Magnetnadel wirken, am vollständigsten erkannt und entwickelt zu haben, ohne jedoch wie uns scheint in die Natur und das physikalische Verhalten dieser Wirkung eingedrungen zu seyn. Wir glauben, zur Erläuterung seiner Entdeckungen noch etwas beizutragen, wenn wir es versuchen, unsre Vorstellungsart von dem eigentlichen Hergang dieser Erscheinungen kürzlich darzulegen.

Die Erde ist, gleich einem Magnet, an ihrer Oberfläche mit magnetischer Materie geladen, welche zu beiden Seiten des Aequators in zwei entgegengesetzte Magnetismen sich zerlegt. Auf der nördlichen Erdhälfte herrscht derjenige Magnetismus, welcher das nach Norden gerichtete Ende der Magnetnadel an sich zieht, mithin *Südpolarität*, auf der Südhälfte hingegen ist die Erde *nordpolarisch*, d. h. sie zieht das Südende der Magnetnadel an. Die Erde wirkt mithin auf die horizontale und die geneigte Nadel, wie zwei elektrisirte Körper durch Atmosphären-Wirkung auf einander einflieſsen: die ungleichnamigen Gattungen des Fluidums ziehen sich gegenseitig an, während dem die gleichnamigen einander abstoſsen. Anders verhält es sich mit dem Einfluſs, den die Erde auf einen nicht magnetischen Körper, auf das *Eisen* ausübt. Hier wirkt sie, wie ein elektrischer Körper auf einen ihm angenäherten, nicht elektrischen Leiter wirkt, nämlich durch *Vertheilung*. Die unsrer arktischen Erdhälfte inwohnende Südpolarität treibt das gleichnamige Fluidum in der Eisenstange nach dem entlegensten Ende, also nach Oben hin, während dem sie die freigewordene Nordpolarität der Stange nach Unten hinzieht. Daher ist bei allen Eisenmassen, gleichviel, ob ihre Länge eine verticale oder horizontale Lage habe, *immer die untere Seite nordpolarisch*. Dieser Magnetismus aber ist *nicht inhärirend*, sondern *wandernd*;

er gehört nicht dem Körper, sondern *seiner Lage* an. Die Intensität desselben wächst mit der magnetischen Kraft der Erde selbst, also mit der magnetischen Neigung, und ist daher am spürbarsten in hohen Breiten, oder in der Annäherung zum magnetischen Pole in der Baffinsbay, dagegen unmerklich in der Nähe des magnetischen Aequators. Jenseits dieser Linie ist dieser *Magnetismus der Lage* entgegengesetzter Art, die Pole umgekehrt ertheilend. Wesentlich und merkwürdig ist hierbei das Verhalten des Eisens in seinen verschiedenen Zuständen, als *reines, weiches Eisen;* als *harter Stahl;* und als *weicher* oder *angelassener Stahl.* Das reine Eisen und der *glasharte* Stahl sind wahre Conductoren des magnetischen Fluidums; sie stellen dem Durchgang desselben keinerlei Hindernifs entgegen, so dafs bei jedem Umwenden einer Eisenstange der *Magnetismus der Lage* augenblicklich in seiner ganzen Intensität erscheint. Dafür sind sie aber auch keines *inhärirenden* Magnetismus fähig, wie dieses an den eisernen Trägern grofser Hufeisenmagnete sich ergiebt, die nach vieljähriger Berührung mit denselben keine Spur von eigenthümlicher, attractiver Kraft zeigen; und so stark auch die durch Vertheilung erhaltene Polarität einer Eisenmasse, und so bedeutend ihre Ablenkung der Magnetnadel seyn mag, so gebricht ihr dennoch die Kraft, nur das kleinste unmagnetische Eisentheilchen anzuziehen [1]. Anders verhält es sich mit dem *angelassenen Stahl* je nach dem Grade seiner Härtung. In diesem scheint das magnetische Fluidum nicht so frei sich zu bewegen, der Magnetismus durch Vertheilung erscheint geringer; dagegen ist er eines *inhärirenden* Magnetismus fähig, der durch Reibung oder Erschütterung, durch den elektrischen Funken, am besten durch Bestreichen mit einem Magnet ihm mitgetheilt werden kann. Nach den Erfahrungen von Coulomb und Kater ist die Federhärte des Stahls, die im Anlassen desselben der rothblauen

1 Auffallend ist die Uebereinstimmung, welche der glasharte Stahl mit dem Eisen noch in einem andern Puncte in der *Ausdehnung durch die Wärme* zeigt. Vom Eispuncte bis zum Siedepuncte ist nämlich die Ausdehnung des Eisens 1174 Millionentheile der ganzen Länge, die des *harten* Stahls 1278; während dem die des ganz angelassenen *weichen* Stahls nur 1117 Millionentheile beträgt.

Farbe entspricht, am tauchlichsten, ihm den stärksten, bleibenden, eigenthümlichen Magnetismus zu geben. Ueber und unter dieser Temperatur nähert sich der Stahl in Beziehung auf den Magnetismus mehr dem Verhalten des Eisens. Der *Magnetismus der Lage* ist, wie bereits bemerkt worden, im reinen Eisen am stärksten; über seine Intensität im Stahl und Gufseisen giebt Barlow folgende Zahlen an, die eigentlich nur das Verhältnifs zwischen den Tangenten der Ablenkungswinkel darstellen, welche durch gleichgrofse Stangen, in die Richtung der magnetischen Neigung gebracht, an einer nahen Boussole bewirkt wurden.

Schmiedeisen	100
Gufseisen	48
Gemeiner Stahl, (Blister Steel) weich	67
— — — — gefärbt	53
Deutscher Stahl (?) (Shear Steel) weich	56
— — — — — — gehärtet	53
Gufsstahl (Cast Steel) weich . . .	74
— — — — gehärtet . . .	49

Es folgt aus diesen Versuchen, dafs der *Magnetismus der Lage* desto wirksamer sich erweist, je weicher das Eisen ist, und dafs er in gehärtetem Stahl nur etwa halb so viel Kraft erhält, als im Schmiedeisen. Man mufs also die Schnelligkeit, mit welcher er diese Metalle durchdringt, von seiner Anhäufung in denselben unterscheiden: denn Barlow behauptet an einem andern Orte ausdrücklich, eine Stahlstange von 3 Fufs Länge so stark gehärtet, als Feuer und Wasser es vermögen, habe ihre Pole nach der Länge mit derselben Schnelligkeit und Leichtigkeit gewechselt, wie das weichste Eisen[1], und Ebel fand nach eignen Versuchen ebendasselbe.

Besonders merkwürdig ist das Verhalten des Eisens in *verschiedenen Graden der Hitze*. Nach Barlow's Versuchen verschwindet der *Magnetismus der Lage* in der Weifsglühhitze gänzlich bei allen Eisen- und Stahlarten. Beim Eisen (mit Stahl wurden keine Versuche gemacht) befolgte er während dem Erkalten folgenden Gang: So wie nach Verlauf von etwa drei Zeitminuten die Weifsglühhitze in das *hellrothe* Glühen

1 Essay on magnetic attractions by P. Barlow. 1823. 8.

überging, zeigte die Stange eine, der Gewöhnlichen *entgegengesetzte, negative* Polarität; oben Nord, unten Süd. Nach zwei Minuten nahm diese ungewöhnliche Polarität schnell ab; die angenäherte Compafsnadel zeigte *keine* Ablenkung, gieng aber, so wie das *blutrothe* Glühen eintrat, zur *gewöhnlichen* Anziehung über, nach welcher das obere Ende der Stange südliche, das untere Nordpolarität hat, und war meistens in zehn Minuten stationirt. Die Ablenkung in der *blutrothen* Hitze war jedoch in der Regel wohl *doppelt so stark,* als die im *kalten* Zustande vor dem Versuche. Oefteres Glühen machte die Stangen zu fernern Experimenten untauglich.

Das Auffallendste bei diesen Anziehungen war, dafs jene *negative* Anziehung, die während des *hellrothen* Glühens statt fand, nicht wie die gewöhnliche Polarität von der Mitte der Stange nach den Enden zu, sondern in *umgekehrter Richtung* zunahm, so dafs die Maxima der ungewöhnlichen Polaritäten einander in *der Mitte der Stange zu berühren* schienen, und die Nadel von der gröfsten Ablenkung nach der einen Seite plötzlich auf das Maximum der Andern überging, so wie sie jener Mitte der Stangen sich gegenüber befand. Bei diesen Versuchen waren die Stangen, deren einige von Schmiedeisen, andere von Gufseisen waren, und bei 1,25 Zoll Dicke 25 Zoll Länge hatten, meistens in die Richtung der *magnetischen Neigung* gebracht worden. Wurden sie in einer, auf die Vorige *rechtwinklichen,* Lage gehalten, so zeigten sich die nämlichen Erscheinungen, doch ungleich schwächer. Eine 24 pfündige Kugel zeigte kalt eine Ablenkung von 13°; beim Weifsglühen 0°; beim Hellrothglühen — 3°,5; und beim Blutrothglühen 19°,5. Stangen von Kupfer, beinahe zum Schmelzen erhitzt, äufserten auf den Compafs nicht die mindeste Wirkung.

Wir kommen nun zu der mathematischen Erörterung der Art und Weise, wie der Magnetismus der Erde durch Vertheilung in den Eisenmassen sich gestaltet, und nach welchen Gesetzen die Ablenkungen der Magnetnadel je nach ihrer Lage und Entfernung von den Eisenmassen modificirt werden. Barlow hat die sämmtlichen Erscheinungen an einer eisernen *Kugel* von 13 Zoll Durchmesser dargestellt; eine Form, die

für diesen Zweck vorzüglich sich eignet, indem sie die magnetische Kraft der Eisenmasse gleichsam in einen Punct vereinigt, und es möglich macht, die Wirkung jeder andern Eisenmasse von beliebiger Gestalt, deren magnetischer Schwerpunct bekannt ist, durch einfache trigonometrische Functionen nach ihrer Lage zur Magnetnadel zu bestimmen.

Sätze über den Magnetismus der Lage.

1. Wenn man einen empfindlichen Abweichungscompafs an eine eiserne Kugel anhält, so wird die Nadel in verschiedenen Stellen von dem magnetischen Meridian *abgelenkt*.
2. An jeder Kugel giebt es jedoch *einen gröfsten Kreis*, in dessen Ebne die Nadel ungestört bleibt.
3. Die Ebne dieses gröfsten Kreises ist von Nord nach Süd geneigt, in der Richtung des magnetischen Meridians, und bildet mit dem Horizont einen Winkel, welcher dem *Complement der magnetischen Neigung* gleich ist. Wenn sich der *Mittelpunct* einer Magnetnadel in der Ebne dieses Kreises befindet, so hat sie dieselbe Lage, wie wenn keine eiserne Kugel da wäre.
4. Wenn man diesen *Indifferenzkreis* als den *magnetischen Aequator* der Kugel betrachtet, so finden auf ihr auch magnetische Pole, Breitenkreise und Parallelkreise demselben entsprechend statt. Man nehme als *ersten Meridian* denjenigen Breitenkreis an, welcher durch die Durchschnittspuncte des magnetischen Aequators mit dem Horizonte, oder durch den magnetischen Ost- und West-Punct geht, und bezeichne mit Δ die *Deviation* der Compafsnadel an irgend einer Stelle der Kugel, deren magnetische *Länge* a, und deren magnetische *Breite* b sey, so ist stets

$$\text{Tang.}\,\Delta = \text{Sin.}\,2\,\text{b.}\ \text{Cos.}\,\text{a.}$$

Magnetische Länge und Breite werden hierbei auf die *Mitte* der Compafsnadel bezogen.

5. Das nämliche Gesetz findet statt, wenn man sich die Mitte der Compafsnadel als das *Centrum* einer Kugel verstellt, die auf eben diese Art eingetheilt wäre, und an deren Oberfläche sich der Mittelpunct der Eisenkugel, oder wenn es ein Körper von anderer Gestalt ist, der *magnetische Schwerpunct* desselben befände. Hieraus lassen sich

auch bei jedem unregelmäfsigen Körper die störenden Kräfte, je nach seiner Lage gegen den Compafs und den magnetischen Meridian, bestimmen.

6. Die *Tangenten* der Deviation verhalten sich *umgekehrt* wie die *Cubi der Entfernungen* beider Mittelpuncte (der Kugel und der Magnetnadel) von einander.

7. Bei Eisenkugeln von verschiedener Gröfse verhalten sich die *Tangenten* der Deviation *gerade* wie die *Cubi der Durchmesser* der Kugeln.

8. Es bezeichne d den Diameter der Kugel, D die Distanz ihres Centrums von der Mitte der Nadel, und A einen beständigen Coefficienten, der durch Versuche zu bestimmen ist; so hat man diesem zufolge

$$\text{Tang.}\,\Delta = \frac{\text{Sin. } 2\,b.\ \text{Cos. } a.\ d^3}{A.\ D^3}$$

9. Dieser Satz gilt für eine bestimmte dirigirende Kraft der Magnetnadel, die von der magnetischen Neigung J abhängig ist. Aendert sich diese Letztere aus J in J' (an einem andern Beobachtungsorte) so wird

$$\text{Tang.}\,\Delta = \frac{d^3}{A.\ D^3}\,(\text{Sin. } 2\,b.\ \text{Cos. } a)\,\frac{\text{Cos. } m\,J}{\text{Cos. } m\,J'},$$

wobei es ungewifs ist, ob $m = \frac{1}{2}$ oder $= 1$ zu setzen sey; sowie künftige Beobachtungen auch darüber entscheiden müssen, ob nicht noch ein neuer Coefficient, der von der Intensität der magnetischen Kraft abhängig ist, in die Formel einzuführen sey.

10. Vermöge der Expansibilität des magnetischen Fluidums drängt sich dasselbe, wie die Elektricität an die *Oberfläche* des Körpers. Daher ist die Anziehungskraft einer *hohlen Kugel* von sehr geringer Dicke *nicht verschieden* von der einer vollen *soliden Kugel* von ebendemselben äufsern Durchmesser. Diesen Satz hat Barlow durch directe Versuche bewährt. Eine sehr dünne Kugel Eisen von 10 Zoll Durchmesser, die nicht über 23 Unzen wog, bewies die nämliche Anziehungskraft auf die Declinationsnadel, wie eine solide Kugel von ebendemselben Durchmesser, deren Gewicht 128 Pfunde betrug.

11. Da die Tangenten der Deviation sich wie die Cubi der

Durchmesser der anziehenden Körper verhalten, während sich die anziehende Kraft selbst nach der Oberfläche der Kugeln oder nach den *Quadraten* ihrer Durchmesser richtet, so folgt, „daſs die *Quadrate der Tangenten* der Deviation sich wie die *Cubi der Kräfte* verhalten.“

12. Eben dieses ergiebt sich auch aus dem Gesetz der Entfernungen, wenn wir annehmen, „daſs die Kraft im umgekehrten Verhältniſs der Quadrate der Entfernungen abund zunehme.“ Denn da die Tangenten der Deviation sich umgekehrt wie die Cubi der Entfernungen verhalten, die anziehenden Kräfte aber wie die Quadrate dieser Entfernungen, so folgt wie vorhin, daſs die Quadrate der Tangenten der Deviation zu den Cuben der Kräfte in geradem Verhältnisse stehen.

So weit gehen Barlow's Sätze über den *Magnetismus der Lage*. Neulich hat Poisson diesen Gegenstand, der mit seinen Arbeiten über die Ausbreitung der Elektricität in den Körpern analog ist, einer theoretischen Erörterung unterworfen, und Barlow's Angaben und Versuche mit den Grundsätzen des *Magnetismus durch Vertheilung* übereinstimmend gefunden. Hierher gehört auch Hansteen's Entdeckung, daſs nicht nur Eisen, sondern überhaupt *jeder lothrechte Gegenstand*, von welchem Stoff er sey, oben Süd-, unten Nordpolarität zeige. Hansteen schloſs dieses aus der verschiedenen Anzahl der Schwingungen, welche eine empfindliche Magnetnadel auf der Nord- oder Südseite eines verticalen Körpers am untern und obern Ende in einer bestimmten Zeit vollbrachte[1].

Zusatz. In einem im J. 1824 herausgegebenen Appendix zu dem *Essay on magnetic Attractions* giebt Barlow Nachricht von Versuchen, welche mit der von ihm vorgeschlagenen Methode die Wirkung des Schiffeisens zu neutralisiren,

1 Ueber den *Magnetismus der Lage* sehe man:
Cook's zweite Reise; Flinders Voyage to the terra Australis. London 1814. 4. J. Roſs Voy. to the Baffins Bay. 1819. 4. Scoresby und Sabine in den Philos. Transact. for 1819. I. Barlow in Brewsters Journal I. p. 344. und Gilberts Annalen Bd. 73. p. 1. Ibid. Bd. 68. p. 271. Annales de Chimie T. 25. p. 113.

auf beiden Erdhälften angestellt worden sind. Sie besteht in einer eisernen kreisrunden Tafel von 14 Zoll Engl. Durchmesser, welche nur etwa 7 Zoll unter der Windrose des Compasses und 8 Zolle von der Verticallinie, die durch den Gnomon geht, (vermuthlich in verticaler Lage) am Gestelle des Compasses angebracht wird. Diese befindet sich rückwärts von demselben nach dem Hintertheile des Schiffes zu, auf einer Linie, welche durch das Centrum des Compasses und denjenigen Punct geht, „in welchem man alle störenden „Kräfte im Schiff vereinigt denken kann," durch den Schwerpunct der verschiedenen örtlichen Anziehungen. Die ersten Versuche mit einer solchen Platte wurden auf dem Schiff *Leven*, Capt. *Baldey*, vom 1. Juny 1820 bis 18. July 1821 gemacht, freilich meist nur in den Parallelkreisen von 20 und 30 Grad nördlich vom Aequator und nicht allzufern von der Küste von Afrika, so dafs die Störung des Schiffeisens nirgends beträchtlich seyn konnte. Die Platte war so angebracht, dafs sie den Ablenkungswinkel verdoppeln sollte. Das regelmäfsige Fortschreiten der 89 Variationsbestimmungen, welche aus den Beobachtungen mit und ohne Platte abgeleitet wurden, so wie auf der andern Seite die Sprünge dieser Letztern, sprechen klar für die Vortheile der neuen Vorrichtung. Noch deutlicher geht dieses aus den 43 Beobachtungen hervor, welche auf Capt. *Basil Hall's* Reise nach der Südwestküste von Amerika auf dem Schiffe *Conway* in den J. 1820, 21 und 22 angestellt wurden, und von 51° nördl. bis 60° südl. Breite sich erstrecken. Die Lage der Tafel war in Portsmouth regulirt worden, und gab selbst in 61° südlicher Breite die Correction nicht minder richtig an, als zu Hause.

Eine neue Bewährung wurde Barlow's Vorschlage auf der Fahrt des Schiffes *Griper* nach Spitzbergen zutheil. Man hatte die Platte nach der neuern Art so angebracht, dafs der Compafs mit derselben die richtige Abweichung angab. In 69° nördlicher Breite wichen die Angaben des Compasses ohne die Platte bei verschiedenen Richtungen des Schiffes bis auf 27 Grade von einander ab, während dem diejenigen mit der Platte nur um ein paar Grade differirten. Auf Spitzbergen wurde die Platte am Azimuthal-Compafs aufs neue re-

gulirt, indem man mit einem am Ufer stehenden Theodolithen das magnetische Azimuth des Compasses in dem Augenblick bestimmte, als auf dem Schiffe mit dem Compafs die Richtung des Theodoliths gemessen wurde; eine Methode, welche bei Ermangelung eines sehr entfernten Objects allen Fehlern der Parallaxe ausweicht. Indem man nun die eiserne Scheibe $7\frac{1}{8}$ Zoll unter der Ebne der Windrose, und in $7\frac{1}{2}$ Zoll Abstand von der durch ihren Mittelpunct gehenden Verticallinie befestigte, wurden die Störungen des Schiffeisens von 21 auf 5 Grade heruntergebracht; eine Unvollständigkeit, die entweder durch eine gröfsere Eisenplatte oder durch Annäherung zum Compafs hätte gehoben werden können, wäre das Letztere, wegen der, durch eine zu grofse Nähe entstehenden, Unregelmäfsigkeiten, überhaupt thunlich gewesen [1].

Der Nutzen dieses einfachen Compensationsapparates für die Schiffahrt und für die Physik der Erde ist erheblich. In Beziehung auf die Letztere darf man behaupten, dafs mit der Einführung dieses Mittels eine neue Epoche für die magnetischen Abweichungsbeobachtungen beginnt, und dafs, was bisher zur See, wenigstens in hohen Breiten, beobachtet wurde, als mehr oder weniger unzuverlässig anzusehen ist.

---

1 Wenn es nur darum zu thun ist, der Wirkung des, gröfstentheils vorwärts vom Compafs liegenden, Schiffeisens eine andere, an sich geringere, aber durch ihre Nähe stärkere Kraft entgegenzusetzen, so läfst sich dieses auf verschiedene Weise bewerkstelligen. Statt einer Scheibe wird man auch einen platten Ring, selbst einen blofsen Stab von Eisen gebrauchen können; und der Letztere möchte, besonders wegen der Bequemlichkeit, mit welcher seine Wirkung durch die blofse Neigung modificirt werden kann, andern Vorrichtungen den Rang streitig machen. Man kann ihn gerade unter dem Compafs dergestalt anbringen, dafs das dem Hintertheil des Schiffes zugekehrte Ende höher liege, als das vordere; oder man mag einen senkrechten Stab am Stativ befestigen, oder, da der Compafs doch seine bestimmte Stelle haben mufs, eine starke Eisenstange ins Verdeck festschrauben, welche, mit einem messingenen Arm versehen, zugleich als Träger des Compasses dienen kann. Man wird hierdurch immer (auf unsrer Halbkugel) einen Südpol nahe hinter dem Compafs erhalten, welcher der Südpolarität der obern Theile des Schiffeisens entgegenwirkt, und mit diesem in Absicht auf Anziehungskraft und selbst auf den Wechsel der Polarität gleichen Schritt hält.

Das Nämliche dürfte, unsers Erachtens, auch von vielen bisherigen Bestimmungen der Meeresströmungen gelten, deren Daseyn und Richtung gemeiniglich nur aus der Verschiedenheit der auf die Angaben des Compasses gestützten Schiffsrechnung und der astronomischen Ortsbestimmung hergeleitet wurde. So wich den 22. Mai 1820 auf dem Schiffe Leven in 42° N. und 10° W. die Schiffsrechnung nach dem unverbesserten Steuercompaſs, der um 7 Grade unrichtig zeigte, von der astronomischen Bestimmung um 21 Min. in der Breite und 28 in der Länge ab, (ein Fehler, den man sonst ohne Weiteres den Strömungen zugeschrieben hätte) während dem die nach dem verbesserten Compaſs geführte Rechnung nur 2 Min. Fehler in der Breite und 4 in der Länge ergab. Ebenso fand sich auf dem Griper in 69° N. und 10° W. aus dem unverbesserten Compaſs die Breite des Schiffs am 26. Mai 1823 um 25 Meilen kleiner als die astronomische, mit welcher hingegen die verbesserte Rechnung bis auf 4 Min. übereinstimmte. Wenn auch die Anwendung der astronomischen Ortsbestimmung dem Seefahrer auf dem freien Ocean eine solche Zuverlässigkeit entbehrlicher machen sollte, so ist sie dagegen zur genauen Aufnahme der Küsten, zur Führung und Orientirung des Schiffes am Eingang eines Hafens oder in der Nähe von Klippen nach der Richtung der Leuchthürme und Banken von wesentlichem Nutzen; von entscheidender Wichtigkeit aber wird sie, wenn man in finstern stürmischen Nächten zwischen dem Lande laviren muſs. Da möchte wohl ein Compaſs von 10 bis 20 Grad Ablenkung ein bedenklicher Führer werden; und wer weiſs (so fährt Barlow fort) wie mancher unerklärbare Schiffbruch an unsern Küsten dieser Fehlerquelle zuzuschreiben ist? Das neueste Beispiel an dem Ostindienfahrer, *Thames*, giebt uns hierüber einen ernsten Wink. Dieses Schiff hatte nebst den gewöhnlichen eisernen Geräthschaften, Anker, Kanonen etc. noch eine Ladung von mehr als 400 Tonnen Eisen und Stahl mit sich, welche auf den Compaſs einen nicht geringen Einfluss ausüben muſste. Sollte es wohl noch einer andern Erklärungsart bedürfen, um zu begreifen, wie es möglich war, daſs dieses Schiff Abends um 6 Uhr noch das Vorgebirg von *Beachy-rhead* im Gesicht hatte, und

um 1 bis 2 Uhr Morgens auf der nämlichen Stelle strandete, während dem man sich noch weit vom Lande glaubte?

Man sehe außer den Werken von Flinders, Roſs, Scoresby, Barlow und den Abhandlungen von Sabine in den Philos. Transact. noch die Abhandlungen von Krusenstern und Parrot in den *„Naturwissenschaftlichen Abhandlungen aus Dorpat.* Berlin 1823. 8. Bd. I. *H.*

Absolut.

Wurde früherhin meistens als Beiwort gebraucht, und zeigte an, daſs eine Sache oder Eigenschaft an sich und abgesehen von irgend einer Beziehung auf etwas anderes zu nehmen sey. In diesem Sinne stand es dem Relativen, zuweilen auch dem Specifischen entgegen, z. B. bei der Bewegung, Geschwindigkeit, dem Gewichte, Orte, der Kraft u. a. Die späteren Naturphilosophen nehmen ein gewisses Etwas, das *Absolute* genannt, als dasjenige an, wovon alle philosophische Untersuchung ausgehen müsse, und in diesem Sinne ist nach Schelling [1] „das Absolute die absolute Indifferenz des Sub„jectiven und Objectiven oder des Endlichen und Unendli„chen zufällig bald in dieser, bald in anderen Formen des „Gegensatzes." Hier wird indeſs das zu definirende Substantiv durch das gleiche Adjectiv bezeichnet, und die ganze Untersuchung ist überhaupt für die eigentliche Naturlehre gänzlich unfruchtbar. *M.*

Absorption.

Verschluckung; *absorptio;* absorption; *absorption.* Ist die chemische oder mechanische Verbindung elastischer Flüssigkeiten mit tropfbar flüssigen oder starren Körpern, wobei erstere ihre elastisch flüssige Form einbüſsen.

Je nachdem der absorbirende Körper tropfbar flüssig oder starr ist, lassen sich zwei Hauptfälle der Absorption unterscheiden.

I. Absorption durch tropfbare Flüssigkeiten.

Hierher gehören folgende Erscheinungen:

1. Absorption des Sauerstoffgases und Chlorgases durch ge-

1 Zeitschr. für specul. Physik II. Hft. 2.

schmolzenen Phosphor oder durch geschmolzene Metalle, oder andere solche Verbindungen einfacher Stoffe, bei welchen der eine Gas- oder Dampf-Form besitzt und dieselbe bei der Verbindung verliert.

2. Absorption der sauren Gasarten durch in Wasser gelöste Salzbasen, und des Ammoniakgases durch liquide Säuren.
3. Absorption des Wasserdampfes durch Vitriolöl und einige andere wasserarme Flüssigkeiten.
4. Absorption sämmtlicher Gasarten durch Wasser, Weingeist, Oele und andere weder saure noch basische Flüssigkeiten.

Die unter 1, 2 und 3 aufgezählten Fälle werden offenbar durch chemische Kraft bewirkt, und sind daher mit besonders großer Wärmeentwickelung verknüpft. Viele von den unter 4 genannten Absorptionen sind gewiss ebenfalls chemische Verbindungen, bei andern ist dieses aber noch streitig. Dieses und die übrige Wichtigkeit des Gegenstandes erfordert eine genauere Betrachtung der unter 4 aufgezählten Fälle, während die übrigen, als rein in das Gebiet der Chemie gehörig, keiner weiteren Auseinandersetzung bedürfen.

a) Verschluckung der Gasarten durch Wasser.

Das Wasser mit irgend einem Gase in Berührung gebracht, vermag von demselben nur eine bestimmte Menge aufzunehmen; hat es diese erhalten, so ist es mit demselben gesättigt und läſst jeden Ueberschuſs desselben unverschluckt.

Um zu erfahren, in welcher Menge das Wasser die verschiedenen Gasarten bei verschiedenen äuſseren Umständen verschluckt, ist vor allen Dingen vollkommen reines Wasser nöthig, nämlich solches, welches nicht blos durch Destillation von salzigen und anderen Theilen befreit ist, sondern auch nichts mehr von demjenigen Stickgas, Sauerstoffgas und kohlensauern Gas enthält, welches jedes der Luft dargebotene Wasser aus derselben aufgenommen hat. Hiervon wird es befreit durch Kochen oder durch Aufhebung des Luftdruckes, oder durch beides zugleich. Henry kochte das Wasser mehrere Stunden lang in einem zinnernen Gefäſs mit enger Oeff-

nung, füllte mit dem noch kochenden Wasser Glasgefäfse völlig an, und verschlofs sie luftdicht mit Pfropf und Blase. Saussure setzte eine mit Wasser gefüllte Flasche offen in ein gröfseres mit Wasser gefülltes Gefäfs, kochte beide 3 Stunden lang, verschlofs die ganz gefüllte Flasche noch unter dem Wasser des gröfseren Gefäfses mit einem Glasstöpsel, und stellte sie so umgekehrt in Quecksilber. Er fand jedoch, dafs dieses Wasser noch etwas Luft enthielt, welche in den durch Zusammenziehen des Wassers beim Kaltwerden entstandenen leeren Raum trat, und beim Oeffnen der Flasche und Hereinlassen von Quecksilber eine kleine, bald wieder vom Wasser verschluckt werdende, Luftblase darstellte. Priestley erhitzte Wasser wiederholt im torricellischem Vacuum, und liefs die dabei jedesmal austretende Luft durch Umkehren der Röhre und Auffüllen mit Quecksilber heraus.

Mit diesem ausgekochten Wasser verfuhr Henry folgendermafsen:

1. Bei reichlicher absorbirbaren Gasarten: Das gläserne Gefäfs A 2 Zoll weit, $4\frac{1}{2}$ Zoll lang, ist in Viertel-Cubikzoll eingetheilt; oben mit einer Messingkappe nebst Hahn a versehen; unten auf eine kupferne Röhre C aufgekittet, welche in b einen Hahn hat, und von der unter einem rechten Winkel ein Schenkel ausgeht. Die ebenfalls unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhre B ist $\frac{1}{4}$ Zoll weit, von einem gegebenen Puncte ab in Hundertel-Cubikzoll getheilt, oben offen, und unter durch eine Röhre von Federharz D, welche wegen ihrer Biegsamkeit das Schütteln des Gefäfses A zuläfst, und noch mit Leder überzogen ist, mit der kupfernen Röhre vereinigt. Zuerst füllt man den ganzen Apparat mit Quecksilber, schraubt dann auf den obern Hahn eine mit Wasser ganz gefüllte, mit einem Hahn versehene Federharz-Flasche, öffnet diesen Hahn, den Hahn a, und den Hahn b, bis durch letztern eine hinreichende Menge Quecksilber abgeflossen, und durch den Hahn a eben soviel Wasser hineingetreten ist. Auf dieselbe Art wird eine mit dem Gas gefüllte Federharz-Flasche mit dem obern Hahn in Verbindung gesetzt, und durch Oeffnen des untern Hahnes das Hineintreten des Gases bewirkt. Wasser und Gas werden

Fig. 7

gemessen; es wird der Stand des Quecksilbers in der Röhre B und im Gefäſse A bestimmt, und dann das Gefäſs A so lange geschüttelt, (ohne von der warmen Hand berührt zu werden) als noch Absorption zu bemerken ist. Mit dieser ist Fallen des Quecksilbers in der Röhre B verbunden, und die Menge von Quecksilber, welche man in dieselbe zum Theil schon während des Schüttelns nachgieſsen muſs, um das vorige Niveau des Quecksilbers in der Röhre B und im Gefäſse A wieder herzustellen, zeigt, dem Volumen nach, die Menge des absorbirten Gases an [1].

2. Bei sparsam absorbirbaren Gasarten zieht Henry das Glasgefäſs E vor, 57 Cubikzoll haltend, unten mit eingeschliffenem gläsernen Hahn b, oben mit einem messingenen, mit Schrauben versehenen Hahnstück a. Man füllt das Gefäſs mit ausgekochtem Wasser, schraubt auf a ein Ventil, öffnet den Hahn, und bringt das Gefäſs längere Zeit unter den Recipienten einer Luftpumpe, um das Wasser möglichst von Luft zu befreien. Dann läſst man aus einer elastischen Flasche das zu untersuchende Gas oben hineinsteigen, indem man durch Oeffnen des untern Hahnes eine genau zu messende Menge Wassers ausströmen läſst; dann schüttelt man tüchtig und öffnet den Hahn b wiederholt unter Quecksilber, so lange als von diesem noch etwas eintritt. Bringt man nun die innere und äuſsere Quecksilberfläche ins Niveau, so giebt das Volumen des in das Glasgefäſs getretenen Quecksilbers das Volumen des absorbirten Gases.

Fig. 8

Oder auch, um sicher zu seyn, daſs das ausgekochte Wasser nicht wieder Luft aufgenommen habe, so füllte Henry groſse Kugeln aus sehr dünnem Glase mit einem lan-

---

1 Von diesem Quecksilber ist jedoch, was Henry nicht ausdrücklich erwähnt, diejenige Menge desselben abzuziehen, welche in der Röhre B bleibt, indem im Verhältniſs, als das Gas in A verschluckt wird, das Quecksilber daselbst einen höheren Stand einnimmt, und daher der Stand in der Röhre B nach dem Versuche höher seyn muſs, als zuvor. Thomson wendet gegen die Zweckmäſsigkeit dieses Apparates, wie es scheint, mit Recht ein, daſs die Federharz-Röhre nachgiebig ist, was besonders bei denjenigen Versuchen Henry's in Betracht kommen möchte, wo er die Absorbirbarkeit der Gasarten unter (durch Verlängerung der Quecksilbersäule in B) verstärktem äuſseren Drucke versuchte.

gen graduirten Halse mit kochendem Wasser, und kehrte sogleich sie über Quecksilber um, welches beim Erkalten in den Hals stieg. Statt dieses liefs er eine abgemessene Menge Gas hinein, dessen Absorption er durch das nachherige Wiederaufsteigen des Quecksilbers bestimmte.

Durch die Temperatur des Zimmers wurde die des Gefäfses und seines Inhalts geregelt, aufser wenn der Versuch bei einer Temperatur von mehr als 29°,44 C. vorgenommen wurde. Der während der Dauer des Versuchs (bei den schwieriger absorbirbaren Gasarten wurde 12 bis 24 Stunden lang in Absätzen geschüttelt) etwa veränderte Barometerstand wurde berücksichtiget. Zeigte der unabsorbirt gebliebene Theil des Gases eine fremdartige Beimengung, so wurde das Resultat des Versuches hiernach corrigirt.

Saussure verfuhr bei allen Gasarten, von denen 1 Mafs Wasser mehr als $\frac{1}{7}$ Mafs aufnimmt, folgendermafsen: „Er leitete sie in eine mit Quecksilber gefüllte Röhre von 4 Centimeter innerm Durchmesser, liefs dann von Wasser eine 5 bis 6 Centimeter hohe Säule hinzutreten, schüttelte und bestimmte die Absorption erst nach einigen Tagen.

Minder verschluckbare Gasarten füllte er in eine Flasche M, von 250 Cubik-Centimeter Inhalt, deren Gewicht im leeren und mit Wasser gefüllten Zustande genau bestimmt war, erhielt diese $\frac{1}{2}$ Stunde lang umgekehrt unter dem Wasser der Wanne, um ihr dessen Temperatur zu ertheilen, verschlofs sie dann an der Oberfläche des Wassers mit einem luftdicht passenden gläsernen Stöpsel; hierauf liefs er aus dieser Flasche M ungefähr $\frac{1}{6}$ des Gases unter Quecksilber in einen mit Quecksilber gefüllten Recipienten steigen, welches $\frac{1}{6}$ er hierauf über der Wasserwanne in eine mit Wasser gefüllte Flasche N leitete, deren Abwägung (im ganz mit Wasser gefüllten Zustande) vor und (im zum Theil Gas haltenden Zustande) nach der Einfüllung des Gases den Umfang des Letztern (im Wassergewicht) zu erkennen gab. Hierauf leitete er über Quecksilber in die Flasche M soviel ausgekochtes Wasser, dafs alles Quecksilber, welches die Stelle des herausgelassenen Gases vertreten hatte, wieder herausgetrieben war. Wurde nun die Flasche M an der Oberfläche des Wassers verschlossen und gewogen, so ergab sich

der Umfang des hineingetretenen Wassers. Die Flasche M in einer Zange gehalten, wurde $\frac{1}{4}$ Stunde lang heftig geschüttelt, dann durch längeres Eintauchen in die Wasserwanne auf die ursprüngliche Temperatur gebracht, dann in umgekehrter Lage (bei gleichem Niveau des Wassers in der Flasche und in der Wanne) geöffnet, und wieder verschlossen. Hierbei war soviel Wasser in dieselbe getreten, als Gas absorbirt worden war, und der Unterschied zwischen dem Gewichte der Flasche M vor und nach dem Oeffnen unterm Wasser gab den Umfang des absorbirten Gases in Wassergewicht zu erkennen.

Dalton verfuhr auf eine einfachere, jedoch minder genaue Weise. Bei Gasarten, welche zu gleichen Maſsen von Wasser verschluckbar sind, bediente er sich einer eingetheilten Eudiometerröhre, deren Oeffnung sich mit dem Finger verschlieſsen lieſs. Er füllte diese über Wasser ganz mit Gas, trieb dann durch Hineinschieben eines festen Körpers, den er wieder heraus zog, einen Theil des Gases aus, maſs die Menge des an dessen Stelle eingedrungenen Wassers, verschloss die Oeffnung mit dem Finger, schüttelte, öffnete die Röhre einen Augenblick über dem Wasser, schüttelte wieder, öffnete wieder, und wiederholte dieses so lange, als noch Wasser eindrang. Hierauf bestimmte er die Menge des rückständigen Gases und seine Natur. Denn da er sich, wie es scheint, des unausgekochten Wassers bediente, so traten das Sauerstoff- und Stickgas, welche dasselbe aus der Luft aufgenommen hatte, zum Theil in das, dem Versuch unterworfene Gas, und verminderten die Absorption des Gasrückstandes. Indem er aber die Menge der fremdartigen Luft in dem Gasrückstande bestimmte, und, nach seinen, unten zu erwähnenden, Ansichten, den Einfluſs einer solchen Beimengung in Rechnung brachte, corrigirte er das Resultat seiner Versuche. Hatte z.B. 1 Maſs Wasser $\frac{9}{10}$ Maſs Gas verschluckt, und die Reinheit des Gasrückstandes war auch $\frac{9}{10}$, so schloſs Dalton, daſs das reine Wasser vom reinen Gase sein gleiches Maſs verschluckt haben würde.

Bei minder reichlich verschluckbaren Gasarten bediente sich Dalton einer Flasche, welche 2700 Gran Wasser hielt, und mit einem eingeriebenen Stöpsel versehen war; übrigens

verfuhr er ganz, wie im vorigen Falle, nur dafs er mit dem Schütteln länger anhielt.

Die Menge von Gas, welche das Wasser aufnimmt, hängt ab 1, von der Natur des Gases, 2, vom äufsern Druck, 3, von der Temperatur, 4, von der Gegenwart anderer Gasarten.

Setzen wir letztere drei Umstände gleich, werden z. B. die Versuche bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdruck mit unvermengtem Gase angestellt, so zeigen die verschiedenen Gasmengen, welche von derselben Menge Wasser verschluckt werden, den Einflufs an, welchen die Natur der Gase auf ihre Verschluckbarkeit durch Wasser äufsert.

Folgende Tabelle enthält die wichtigsten Angaben über die Verschluckbarkeit der Gasarten durch Wasser. Henry stellt seine Versuche bei 15,5 °C. an; Saussüre bei 18° H. Davy bei 10°, Thomson bei 16°, Gay-Lüssac bei 20°, *Gay-Lüssac* und *Thenard* bei 11°. Bei den übrigen ebenfalls bei gewöhnlicher Temperatur und Luftdruck angestellten Versuchen, ist der genauere Temperaturgrad nicht bemerkt worden [1].

1 Mafs Wasser absorbirt Mafse Gas

nach	Dalton,	Henry,	Saussüre,	Davy	
Fluorborongas	—	—	—	—	700 J. Davy.
Ammoniakgas	—	—	—	670	780 Thomson.
Salzsaures Gas	—	—	—	480	516 Thomson.
Fluorsibiciumgas	—	—	—	—	263 J Davy
Schweflichsaures Gas	20	—	43,78	50	33 Thomson.
Chloroxydgas	—	—	—	—	über 7 Stadion.
Cyangas	—	—	—	—	4,5 Gay-Lüssac.
Chlorgas	2ungef.	—	—	—	— —
Hydroselensaures Gas	—	—	—	—	über 3 Berzelius.
Hydrothionsaures Gas	1	1,08	2,53	—	3 Gay-Lüssac u. Thénard.
Kohlensaures Gas	1	1,08	1,06		
Stickoxydulgas	1	0,86	0,76	0,54	
Oelerzeugendes Gas	0,125	—	0,156		

1 Versuche von *Berger* mit Luft, Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickgas, Kohlensaurem Gas und Salpetergas sind wegen der von ihm befolgten ungenauen Methode übergangen worden.

Phosphorwasserstoffgas	0,125	0,0214	—	0,025	0,018	Gengembre
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas		—	0,051			
Kohlenwasserstoffgas	0,037	1,014	—			
Sauerstoffgas	0,037	0,037	0,065			
Stickoxydgas	0,057	0,060	—	0,10		
Stickgas	0,0156	0,0155	0,042			
Kohlenoxydgas	0,0156	0,0201	0,062	0,02		
Wasserstoffgas	0,0156	0,0161	0,016.			

Nach Daltons späteren Bestimmungen verschluckt ein Maſs Wasser 0,037 bis 0,04 Maſs Sauerstoffgas, 0,025 Maſs Stickgas und 0,02 Maſs Wasserstoffgas. Doch glaubt er, daſs Saussüre die Absorbirbarkeit der minder verschluckbaren Gasarten immer zu groſs gefunden habe, theils, weil er eine zu groſse Menge Gas mit zu wenig Wasser zusammenbrachte, wo die Differenz minder genau zu bestimmen war, theils weil er die Flasche M wahrscheinlich zuerst in trockenem Zustande gewogen habe, während, wenn sie nachher über Wasser mit Gas gefüllt ist, an ihren Wandungen Feuchtigkeit hängt, wodurch der Gasumfang verkleinert wird.

Dalton nimmt auch an, das Wasser könne durch Schütteln mit einem Gase übersättigt werden; wenn man z. B. ausgekochtes Wasser mit Luft 10 Tage lang ohne Schütteln zusammenstellt, bis keine Verschluckung mehr statt findet, so erfolgt jetzt beim Schütteln neue Verschluckung, welche $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{12}$ der vorigen beträgt.

Nach De Marty läſs sich das Wasser weder mit Sauerstoffgas noch mit Wasserstoffgas sättigen. Hat man Wasser in einer Flasche mit Glasstöpsel durch Schütteln völlig mit Sauerstoffgas gesättigt, so absorbirt es, nach 2 — 3 Tagen auf's neue damit geschüttelt, wieder eine kleine Menge, um so mehr, je gröſser der Zwischenraum, so daſs das Wasser in einer Flasche, die $1\frac{1}{2}$ Jahr gestanden hatte, beim Schütteln fast seinen halben Umfang aufnahm. Er leitet dieses von einer immer stärkern Verdichtung des absorbirten Sauerstoffgases ab. (Bildet sich hier Wasserstoffhyperoxyd, oder war organische Materie im Spiel?) Eben so verhält sich Wasserstoffgas; nach zwei Jahren war der Umfang des absorbirten Wasserstoffgases noch nicht ganz dem des Wassers

gleich; beim Stickgas zeigt sich nach de Marty nicht diese auffallende Erscheinung.

Hinsichtlich des Einflusses, welchen der *äufsere Druck* auf die Gasmenge ausübt, die vom Wasser verschluckt worden, hat Henry folgendes von Dalton und Saussure erprobte einfache Gesetz aufgefunden.

Das Wasser nimmt von irgend einem Gase bei derselben Temperatur immer dasselbe Volumen auf, der äufsere Druck sey, welcher er wolle. Wird z. B. der gewöhnliche Luftdruck zur Hälfte aufgehoben und dadurch das Gas um das Doppelte ausgedehnt, so wird das Wasser von demselben *dem Gewicht nach* nur halb so viel aufnehmen, als bei gewöhnlichem Luftdruck; ist der äufsere Druck umgekehrt z. B. verdreifacht, und dadurch das Gas auf $\frac{1}{3}$ seines gewöhnlichen Umfanges gebracht, so wird von diesem das Wasser *dem Gewicht nach* dreimal so viel verschlucken, als bei gewöhnlichem Luftdruck. Diesen Satz beweisen 50 von Henry mit Sauerstoffgas, mit hydrothionsaurem und kohlensaurem Gas und mit Stickoxydulgas angestellte Versuche, zu welchen er sich des oben beschriebenen Apparats bediente, nur dafs er die Röhre B viel länger nahm, um durch Füllen derselben mit Quecksilber das Gas unter einen stärkern Druck von 2 bis 3 Atmosphären zu versetzen und dafs er bei den minder absorbirbaren Gasarten, statt des Gefäfses A, ein gröfseres (mit punctirten Linien gezeichnetes) 50 Würfelzoll haltendes und bei c mit Hahn und Schraube versehenes Gefäfs anwandte. Nachdem zuerst das Gas auf die eben angeführe Art hineingelassen und durch Oeffnen des Hahnes b das Quecksilber in beiden Schenkeln ins Niveau gebracht worden war, gofs er so viel Quecksilber in B nach, bis es hier 28 oder 2 mal 28 Zoll höher stand, als in A, schüttelte dann stark, während dessen er in B so viel Quecksilber nachgofs, als nöthig war, um dasselbe auf seinem Stande zu erhalten, und bestimmte dann an der Scale A, noch bestimmter aber aus dem Gewichte des nachgegossenen Quecksilbers die Gröfse der Absorption. So fand auch Saussüre, dafs vom kohlensauren und wieder vom schweflich sauren Gas dem Umfang nach gleich viel verschluckt wurde, sie mochten sich unter dem gewöhnlichen Luftdrucke oder in einer zum Theil

Fig. 7.

mit Quecksilber gefüllten Barometerröhre unter einem ungefähr nur halb so grofsen Druck befinden.

Hieraus folgt: 1. dafs, um Wasser mit der gröfstmöglichsten Menge irgend eines Gases zu verbinden, man dieses einem möglichst starken äufsern Druck auszusetzen hat, wie dieses schon Priestley fand, und worauf die Anwendung von Compressionsmaschinen bei Bereitung künstlicher Sauerwässer beruht. 2. dafs das bei gewöhnlichem Luftdruck mit einem Gase gesättigte Wasser unter der Luftpumpe bei 100 facher Verdünnung nur noch $\frac{1}{100}$ des Gases, und bei noch gröfserer Verdünnung kaum noch etwas davon zurückhalten wird, aber doch durch blofse Luftverdünnung kein ganz gasfreies Wasser erhalten werden könne. So brauste auch das von Henry unter 3fachem Luftdrucke mit kohlensaurem Gase gesättigte Wasser, als es blofs dem gewöhnlichen Luftdruck dargeboten war, lebhaft auf. Priestley brachte zu ausgekochtem Wasser, welches sich in der Torricellischen Leere befand, ein beliebiges Gas; neigte er jetzt die Barometerröhre, so dafs sie mehr horizontal war; so wurde das Gas absorbirt, und beim Aufrichten der Röhre entwickelte es sich zum Theil wieder.

Jedoch ist dieses Henrysche Gesetz nur auf solche Gasarten anwendbar, die nur zu 1 Mafs oder zu weniger von 1 Mafs Wasser verschluckt werden. Wasser dagegen, welches mit einer andern Gasart, z. B. mit salzsaurem oder Ammoniakgas gesättiget ist, drückt zwar, in die Torricellische Leere gebracht, durch Gasentwickelung das Quecksilber etwas herunter (das wässrige Ammoniak nach Thomson um 254 Millimeter), und es entwickelt zwar auch einen Theil seines Gases bei Verminderung des Luftdruckes unter der Luftpumpe, jedoch lange nicht im Verhältnifs dieser Verminderung nach obigem Gesetze, und das, noch den gröfsten Theil des Gases haltende Wasser läfst kein Gas mehr fahren, sondern verdampft nun als Ganzes.

Ueber den Einflufs der *Temperatur* auf die Menge, welche das Wasser von irgend einem Gase aufnimmt, sind folgende Erfahrungen bekannt:

Henry brachte in folgenden 9 Versuchen jedesmal 100 Mafs Wasser mit verschiedenen Mengen von kohlensaurem

Gas bei verschiedene Temperaturen zusammen, wo folgende Gasmengen absorbirt wurden.

Versuch.	Temperatur nach Celsius.	Angewandtes kohlensaures Gas. Maſse.	Absorbirtes kohlensaures Gas. Maſse.	Uebrigbleibendes kohlensaures Gas. Maſse
1 —	12,8° —	246 —	108 —	138 —
2 —	29,5° —	246 —	84 —	162 —
3 —	12,8° —	185 —	108 —	77 —
4 —	12,8° —	150 —	100 —	50 —
5 —	12,8° —	100 —	90 —	10 —
6 —	12,8° —	100 —	84 —	16 —
7 —	29,5° —	100 —	70 —	30 —
8 —	43,4° —	200 —	60 —	140 —
9 —	43,4° —	100 —	45 —	55 —

Bei Vergleichung der Versuche 1 und 2 ergiebt sich, daſs wenn die Temperatur des Wassers um 16,7° C. gesteigert wird, dasselbe 0,222 weniger Gas absorbirt, als zuvor, oder bei einer Temperaturerhöhung von 10° C. 0,133 weniger. Die Vergleichung von Versuch 6 und 7 ergiebt jedoch, daſs eine Erwärmung von 10° C. die Absorption um 0,10 vermindert, und nach Versuch 7 und 9 erhält man auf 10° Temperaturerhöhung eine Verminderung der Absorption um 0,25. Obgleich also diese Versuche nicht genau mit einander übereinstimmen, so sagen sie doch bestimmt aus, daſs mit der Erwärmung die Absorbirbarkeit der Gasarten durch das Wasser vermindert wird, und zwar ist dieses nicht bloſs dem Gewicht nach zu nehmen, sondern sogar dem Maſse nach, da Henry ohne Zweifel, ob er es gleich nicht ausdrücklich erwähnt, das kohlensaure Gas, ehe er dessen Menge bestimmte, auf dieselbe Temperatur brachte, welche das damit zusammengebrachte Wasser besaſs.

Dieser letzteren Annahme, daſs nämlich 1 Maſs heiſses Wasser weniger Maſse Gas von derselben Temperatur absorbirt, als ein Maſs kaltes Wasser vom kalten Gase in Maſsen aufnimmt, widerstreitet freilich folgender Versuch von Dalton, daher dieses Verhältniſs noch weiterer Untersuchung bedarf. Sättigt man in einer Flasche mit gut eingeriebenem Stöpsel kaltes Wasser vollständig mit einer schwierig absorbirten Gasart, so daſs die Flasche jetzt theils mit dem mit Gas gesättigten Wasser, theils mit unabsorbirt gebliebenem

Gase gefüllt ist, und setzt jetzt dieselbe genau verschlossen irgend einer Temperatur zwischen 0° und 100° aus; so wird hierdurch das Gleichgewicht nicht gestört, d. h. es tritt weder ein Theil des durch die Hitze auf eine höhere Spannung gebrachten Gasrückstandes in das Wasser, noch entwickelt sich aus diesem die kleinste Menge, während dasselbe beim Oeffnen des Gefäfses sogleich durch das sich entwickelnde Gas mit Blasen gefüllt erscheinen würde. Hieraus folgert Dalton, dafs die Temperatur an und für sich keinen Einflufs auf die Quantität der Absorption hat; nur erhöht sie die Elasticität sowohl des im Wasser enthaltenen als des äufseren Gases; ist letzteres eingeschlossen, so halten beide Elasticitäten einander das Gleichgewicht; kann es aber entweichen, so entwickelt sich auch ein Theil des absorbirt gewesenen Gases, da es durch die Erwärmung gröfsere Ausdehnung erhält, und das Wasser bei jeder Temperatur dasselbe Gasvolumen absorbirt, also vom erwärmten Gase eine kleinere Menge (dem Gewicht nach) behalten kann.

Bei den sehr reichlich vom Wasser absorbirt werdenden Gasarten findet sich wieder der Unterschied, dafs in den meisten Fällen warmes Wasser nicht so viel weniger absorbirt als kaltes, als es nach den Henryschen Versuchen mit kohlensaurem Gas und selbst nach der Daltonschen Ansicht der Fall seyn müfste. Denn nach letzterer, die auch nach Dalton selbst blofs auf die minder absorbirbaren Gasarten anzuwenden ist, dürfte (indem 1000 Mafs Gas bei 0° sich bei 100° zu 1375 Mafsen ausdehnen) eine Menge Wasser, welche bei 0° 1375 Gewichtstheile Gas aufnimmt, bei 100° nur 1000 desselben aufnehmen; aber das mit salzsaurem Gas in der Kälte gesättigte Wasser entwickelt beim Erhitzen nur eine geringe Menge desselben, und verdampft dann in Verbindung mit dem übrigen als Ganzes. Nur beim Ammoniakgas zeigt sich eine auffallend geringere Absorbirbarkeit in der Hitze, als in der Kälte, so dafs es schon durch Erhitzen bis zu 55° C. völlig aus dem Wasser ausgetrieben werden kann.

Einen andern bedeutenden, und zwar immer hemmenden Einflufs auf die Menge, die das Wasser von einem gewissen Gase aufnimmt, äufsert die *Gegenwart eines andern Gases.* Wasser, welches bereits mit einem Gase gesättigt

ist, nimmt von einem zweiten weniger auf, als reines Wasser, und läfst dabei einen Theil des zuerst aufgenommenen Gases fahren; reines Wasser nimmt aus einem Gemenge zweier Gasarten beide auf, jedoch von jeder weniger, als wenn es mit dieser allein zusammen gekommen wäre.

Auszunehmen sind die Fälle, wo die beiden Gasarten einer innigeren, vom Wasser leicht aufnehmbaren Verbindung fähig sind, in welchem Falle das eine Gas, das etwa schon vom Wasser aufgenommen worden war, die Absorption des andern vornehmen mufs, z. B. Sauerstoffgas und Salpetergas, Chlorgas und ölerzeugendes Gas u. s. w. Man könnte auch vermuthen, dafs sich Sauerstoffgas und Wasserstoffgas vom Wasser verschluckt, in demselben zu Wasser verbänden, auch wollen Hooke und Orkney[1] beim 3 Monate langen Zusammenstellen von Knallluft mit Wasser eine beträchtliche Absorption beobachtet haben, und so giebt auch de Marty an, dafs mit Sauerstoffgas gesättigtes Wasser das Wasserstoffgas, und mit Wasserstoffgas gesättigtes Wasser das Sauerstoffgas reichlicher verschlucken, als reines Wasser. Dagegen fand Priestley, dafs man aus Wasser, welches man mit einem Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas gesättigt hat, wieder ein mit Knall entzündbares Gas austreiben kann, und Saussüre fand, dafs Wasser, mit einem Gemenge von 2 Mafsen Wasserstoffgas und 1 Mafs Sauerstoffgas geschüttelt, sich sehr bald damit sättigt, ohne bei weiterem Schütteln mehr davon aufzunehmen. Wenn den ersterwähnten Beobachtungen kein Irrthum zum Grunde liegt, so ist der scheinbare Widerspruch in diesen Erfahrungen zu heben, wenn man annimmt, dafs die Verbindung im Wasser nur sehr langsam in Wochen und Monaten erfolgt,

Wieviel das Wasser, wenn es mit einem Gemenge von 2 oder mehreren Gasarten, die höchstens zu gleichen Mafsen vom Wasser verschluckbar sind, in Berührung gebracht wird, von jeder derselben aufnehme, hierüber hat Dalton folgendes Gesetz aufgestellt: *die Gröfse der Absorption hängt ab von der Dichtigkeit der einzelnen Gase, im unabsorbirt gebliebe-*

---

1 Nicholson's Journal 1803 Aug. p. 228 und 1804 Aug. p. 30?; daraus in G. XX. 143.

nen Gasrückstand, und sie ist also dieselbe, wie wenn das Wasser mit jedem dieser Gase für sich in demselben ausgedehnten Zustande zusammenkäme. Da z. B. die Luft in 100 Maſsen 21 Maſs Sauerstoffgas und 79 Maſs Stickgas enthält, so wird Wasser, mit der freien Luft in Berührung, (wo also der Gasrückstand auch immer 21 Maſs Sauerstoffgas auf 79 Maſs Stickgas enthält,) 0,21 soviel Sauerstoffgas und 0,79 soviel Stickgas absorbiren, als es von den einzelnen Gasen im reinen Zustande aufgenommen haben würde, und da das Sauerstoffgas reichlicher absorbirt wird als das Stickgas, so nimmt hier das Wasser vom ersteren mehr auf, als dessen Verhältniſs zum Stickgas in der Luft entspricht. Nämlich vorausgesetzt 1 Maſs Wasser absorbire $\frac{1}{27}$ Maſs Sauerstoffgas und $\frac{1}{40}$ Maſs Stickgas, so wird 1 Maſs Wasser mit der Luft zusammengebracht, $\frac{1}{27} \times \frac{21}{100} = 0{,}00778$ Maſs Sauerstoffgas und $\frac{1}{40} \times \frac{79}{100} = 0{,}01975$ Maſs Stickgas, zusammen 0,02753 Maſs einer Luft absorbiren, welche 28,2 Procent Sauerstoffgas enthält. Ist dagegen das Wasser nur mit einer bestimmten, kleinen Menge Luft in Berührung, so kann es jetzt nicht so viel Sauerstoffgas aufnehmen, wie in freier Luft, weil die im Gasrückstand relativ zunehmende Menge des Stickgases bewirkt, daſs das Sauerstoffgas zu weniger, als zu 0,21 und das Stickgas zu mehr, als 0,79 verschluckt wird.

Für den Fall sowohl, daſs ein dem Wasser dargebotenes Gasgemenge gleichsam unendlich groſs ist, wie die freie Luft, wo der Gasrückstand dasselbe Verhältniſs der Mengung hat, wie das ursprüngliche Gemenge, als auch für den Fall, daſs ein eingeschlossenes Gasgemenge mit Wasser zusammenkommt, wo sich durch verschieden reichliche Absorption der einzelnen Gemengtheile durch das Wasser, das Verhältniſs der Gasarten gegen einander im unverschluckt bleibenden Rückstande ändern muſs, hat Dalton folgende Formel gegeben.

A, B, C etc. bedeuten den Umfang der einzelnen im Gasgemenge befindlichen 3 und mehr Gasarten vor der Absorption, a, b, c etc. den Rest derselben nach der Absorption; w den Umfang des Wassers, und $\frac{w}{m}$, $\frac{w}{n}$, $\frac{w}{p}$ das Raumsver-

hältnifs, in welchem jede dieser Gasarten für sich vom Wasser verschluckbar ist. Alsdann ist

$$A = a + \frac{w}{m} \cdot \frac{a}{a + b + c \text{ etc.}}$$

$$B = b + \frac{w}{n} \cdot \frac{b}{a + b + c \text{ etc.}}$$

$$C = c + \frac{w}{n} \cdot \frac{c}{a + b + c \text{ etc.}}$$

$$A + B + C \text{ etc.} = a + b + c \text{ etc.} + \frac{w}{a + b + c \text{ etc.}} \frac{a}{m} + \frac{b}{n} + \frac{c}{p} \text{ etc.}$$

Dalton wandte diese Formel auf Versuche an, welche Saussüre angestellt und als die Daltonsche Ansicht widerlegend betrachtet hatte. Saussüre fand nämlich, 1. dafs wenn er 100 Mafs Wasser mit einem Gemenge aus 217 Mafs kohlensauern und 217 Mafs Wasserstoffgas (zusammen 434 Mafs) zusammenbrachte, das Wasser nur 44 Mafs kohlensaures Gas und dagegen 3,5 Mafs Wasserstoffgas absorbirte. Da nun nach seinen Versuchen 100 Mafs Wasser 106 Mafs kohlensaures und 4,6 Mafs Wasserstoffgas absorbiren, in dem angewandten Gasgemenge aber beide Gasarten gleichsam auf das Doppelte ausgedehnt sind, so meint Saussüre, der Daltonschen Ansicht gemäfs habe das Wasser $\frac{106}{2}$ Mafs kohlensaures und $\frac{4,6}{2}$ Mafs Wasserstoffgas absorbiren müssen, während sich beim Versuch eine geringere Verschluckung des ersteren und eine gröfsere des letztern ergab. So fand auch Saussüre 2. dafs 100 Mafs Wasser aus einem Gemenge von 195 Mafs kohlensauren und 195 Mafs Sauerstoffgas (zusammen 390 Mafs) nur 47,1 des ersteren und dagegen 5 Mafs des letztern aufnahmen, und eben so 3. aus einem Gemenge von 178,5 kohlensauren und 178,5 Stickgas (zusammen 357 Mafs) nur 43,9 des erstern und 3,3 des letztern.

Hingegen erinnert Dalton mit Recht, dafs im Verhältnifs, als die leichter absorbirbare Gasart vom Wasser aufgenommen wird, das Verhältnifs im Rückstande sich ändert, worauf Saussüre keine Rücksicht nahm. Ja bei der Anwendung der eben angegebenen Formel auf diese Versuche von Saussüre erprobt sich die Richtigkeit der ersteren auf eine auffallende Weise. Setzt man nämlich bei diesen Versuchen A und B als unbekannt voraus, und sucht sie aus den übrigen

daſs mittelst der Formel auf, so erhält man der Wahrheit so nahe kommende Resultate, daſs die geringen Abweichungen bloſs darauf zu schieben sind, daſs die Absorbirbarkeit einer jeden Gasart, also m, n, p noch nicht ganz genau bestimmt ist. Bei Versuch 1, A und a = kohlensaurem Gas vor und nach der Absorption oder = 217 und 173; $m = \frac{1}{1,06}$; B und b = Wasserstoffgas vor und nach der Absorption oder = 217 und 213,5 und n = 22 gesetzt, sofern nach Saussüre 100 Wasser 4,6 oder 1 Maſs Wasser ungefähr $\frac{1}{24}$ Maſs Wasserstoffgas verschluckt, so findet sich

$$A = 173 + \frac{100.1,06}{1} \cdot \frac{173}{386,5} = 220,5 \text{ Maſs und}$$
$$B = 213,5 + \frac{100}{22} \cdot \frac{213,5}{386,5} = 216 \text{ Maſs}$$
$$A + B = 436,5 \text{ Maſs.}$$

Hier weicht das durch Berechnung gefundene ursprüngliche Volumen nicht sehr vom Wahren ab.

Bei Versuch 2 sey B und b und n für Sauerstoffgas, während A, a und m für kohlensaures Gas bleibt, und es werde angenommen, 1 Maſs Wasser nehme $\frac{1}{16}$ Maſs Sauerstoffgas auf, so ist

$$A = 147,9 + \frac{100.1,06}{1} \cdot \frac{147,9}{337,9} = 194,3 \text{ Maſs}$$
$$B = 190 + \frac{100}{16} \cdot \frac{190}{337,9} = 193,5 \text{ Maſs}$$
$$A + B = 387,8 \text{ Maſs}$$

Bei Versuch 3 werden B, b und n auf das Stickgas bezogen und mit Saussüre angenommen, 1 Maſs Wasser nehme $\frac{1}{24}$ Maſs Stickgas auf; so findet man

$$A = 134,9 + \frac{100.1,06}{1} \cdot \frac{134,9}{310,4} = 180,9 \text{ Maſs}$$
$$B = 175,5 + \frac{100}{24} \cdot \frac{175,5}{310,4} = 177,9 \text{ Maſs}$$
$$A + B = 358,8 \text{ Maſs}$$

Nimmt man endlich die von Saussüre aufgestellten Absorptionsgröſsen für Stickgas und Sauerstoffgaſs an, nach welchen 1 Maſs Wasser $\frac{1}{24}$ Maſs Stickgaſs und $\frac{1}{16}$ Maſs Sauerstoffgas aufnimmt; so ergiebt sich aus dieser Formel, daſs 100 Maſs Wasser = w der freien Luft dargeboten, wo das übrigbleibende Stickgas a = 79 und das übrigbleibende Sauerstoffgas b = 21 ist, absorbiren werden $\frac{100}{24} \times \frac{79}{100} = 3,39$ Maſs

Stickgas, und $\frac{100}{16} \times \frac{21}{100} = 1,31$ Maſs Sauerstoffgas, zusammen 4,6 Maſs, während nach Saussüre 100 Maſs Wasser 5 Maſs Luft absorbiren sollen. Uebrigens hält *Dalton*, wie oben erwähnt, die Absorptionen des Sauerstoffgases, Stickgases und der Luft, wie sie von Saussüre bestimmt sind, für zu groſs. Aus diesen daltonschen Principien ist leicht zu entwickeln, wie sich mit irgend einem Gase gesättigtes Wasser gegen ein anderes Gas verhalten wird. Kommt mit einem Gase A gesättigtes Wasser mit einer bestimmten eingeschlossenen Menge eines andern Gases B in Berührung, so wird das Wasser von A fahren lassen und von B aufnehmen, bis das auſser dem Wasser befindliche Gas ein Gemenge geworden ist eines Theiles von B mit einer bestimmten Menge von A. Es ist nämlich derselbe Fall, als wenn man mit gasfreiem Wasser sogleich ein Gemenge der beiden Gase A und B zusammenbrächte, und die obige Formel über den Einfluſs des rückständigen Gasgemenges auf die Menge der Absorption findet auch hier ihre volle Anwendung. Die Menge welche das Wasser vom Gase A verschluckt behalten wird, ist nach derselben $= \frac{w}{m} \cdot \frac{a}{a+b}$ und vom Gase B wird das Wasser ausserdem aufnehmen $\frac{w}{n} \cdot \frac{b}{a+b}$. Sollte die Absorbirbarkeit der beiden Gase dieselbe seyn, also $m = n$, so muſs sich keine Umfangsveränderung in dem Gase B zeigen, mit welchem das mit A gesättigte Wasser geschüttelt wird, indem für den absorbirt werdenden Theil des Gases B gleiche Volumina des Gases A austreten werden. Sind dagegen beide Gase verschieden reichlich vom Wasser absorbirbar, so wird der Gasumfang zunehmen, wenn B weniger, er wird abnehmen, wenn B reichlicher absorbirbar ist, als A. Ebenso wird es sich verhalten, wenn das mit dem Gase A geschwängerte Wasser mit einem eingeschlossenen Gemenge der Gase B, C etc. zusammenkommt. Auch dann ist der absorbirt bleibende Theil von $A = \frac{w}{m} \cdot \frac{a}{a+b+c \text{ etc.}}$ der absorbirt werdende Theil von $B = \frac{w}{n} \cdot \frac{b}{a+b+c \text{ etc.}}$ und der von $C = \frac{n}{p} \cdot \frac{c}{a+b+c \text{ etc.}}$ Es ist ferner leicht einzusehen, daſs im Verhältniſs, als der Umfang des im Wasser ursprünglich enthaltenen Gases A,

zu demjenigen Gase, mit welchem dieses Wasser jetzt zusammengebracht wird, abnimmt, in diesem Verhältnisse von dem Gase A auch immer weniger absorbirt bleibt, weil dann der Bruch $\frac{a}{a + b + c \text{ etc}}$ einen immer kleinern Werth erhält, und dafs in eben diesem Verhältnisse die Gase B, C, etc. reichlicher verschluckt werden; dafs endlich, wenn man mit dem Gase A gesättigtes Wasser mit einer unendlich grofsen Menge anderer Gase zusammenbringt, der Bruch $\frac{a}{a + b + c \text{ etc.}}$ unendlich klein wird, also alles Gas A ausgetrieben werden mufs. Dieses erfolgt, wenn man Wasser, welches z. B. mit Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas, Stickoxydulgas u. s. w. gesättigt ist, der freien atmosphärischen Luft darbietet, wo es diese Gase bald vollständig verliert, und zu gewöhnlichem lufthaltigem Wasser wird. Auch erfolgt dieses theilweise bei mit Kohlensäure gesättigtem Wasser; weil aber die atmosphärische Luft selbst etwas kohlensaures Gas beigemengt enthält, so wird der Bruch $\frac{a}{a + b + c \text{ etc.}}$ in diesem Falle nicht unendlich klein (in der Luft 0,0005 Mafse kohlensaures Gas angenommen, wäre er $\frac{1}{2000}$) und das Wasser hält demnach eine kleine Menge dieses Gases zurück.

Diesen Daltonschen Ansichten über das Verhältnifs des Wassers gegen ein Gemenge mehrerer Gasarten, oder des mit einem Gase gesättigten Wassers gegen ein anderes Gas, entsprechen alle bis jetzt darüber bekannte Erfahrungen, von denen die wichtigsten hier folgen:

Schon Brownrich[1] bemerkte, dafs kohlensaures Gas haltendes Mineralwasser, in einem ganz damit gefüllten, und mit einer nachgiebigen Blase zugebundenem Gefäfse, selbst bei schwacher Erwärmung kein Gas entwickelt, bei stärkerer nur einen Theil, da es andererseits bekannt ist, dafs ein solches Wasser, der Luft dargeboten, bald seine Kohlensäure verliert.

Cavendish liefs bei 13° C. zu 1 Mafs kohlensaurem Gas, dem etwas Luft beigemengt war, Wasser in 4 kleinen Antheilen treten, und bemerkte, laut beifolgender Tabelle, dafs

---

1 Phil. Tr. LV. 233. LXIV. 359.

die ersten Antheile Wasser mehr Gas verschluckten, als die letzteren, weil nämlich im Verhältnifs, als im Gasrückstand relativ die Menge der atmosphärischen Luft zunahm, die Absorption der Kohlensäure abnehmen mufste.

Hinzugelassenes Wasser Antheile.		Mafse		Mafse Gas von einem jeden Antheil Wasser verschluckt		Mafse Gas die übrig blieben	100 Mafs Wasser verschluckten daher Gas
1,	—	0,322	—	0,374	—	0,626	116.
2,	—	0,481	—	0,485	—	0,141	107.
3,	—	0,082	—	0,048	—	0,093	102,5.
4,	—	0,145	—	0,079	—	0,014	95,5.

Dasselbe lehrt die oben mitgetheilte Tabelle Henry's, wo die Absorption des kohlensauren Gases durch Wasser um so reichlicher erscheint, je mehr dieses überschüssig ist, je weniger also die kleinen Mengen zufällig beigemengter Luft die Verschluckung hindern können.

Pictet[1] erzählt, dafs wenn man mit lufthaltigem Wasser künstliches Sauerwasser bereiten will, man das kohlensaure Gas mit demselben unter einem Druck von 3 — 4 Atmosphären zusammenbringt, wodurch dieses zum Theil verschluckt, die Luft hingegen, da das kohlensaure Gas beträchtlich vorwaltet, gröfstentheils ausgetrieben wird, dafs man dann diese Luft durch einen Hahn, den man öffnet, nebst kohlensaurem Gas herausläfst, und nun erst im Stande ist, das Wasser mit einer grofsen Menge von Kohlensäure anzuschwängern.

Ueber das Verhalten des Wassers zu dem Gasgemenge, wie es die atmosphärische Luft darstellt, sind viele Erfahrungen bekannt. Schon Boyle, Huygens u. A. bemerkten, dafs das Wasser lufthaltig sey. Priestley erkannte zuerst, dafs die aus dem Wasser ausgetriebene Luft mehr Sauerstoffgas enthalte, als die atmosphärische.

Henry erhitzte 118,25 C. Zoll Brunnenwasser (welches als völlig mit Luft gesättigt, angesehen werden kann) von denen 117,5 C. Z. das Gefäfs und 0,75 C. Zoll die Gasentwicklungsröhre füllte, 6 — 7 Stunden lang in einem Gefäfs, in welchem Salzwasser gekocht wurde, und fing das sich hierbei entwickelnde Gas in 4 Antheilen über Quecksilber auf.

1 Bibl. Brit. daraus in G. XXVIII. 414.

Antheil.	Cubikzoll entwickeltes Gasgemenge	enthält in Cubikzoll kohlensaures Gas.	Sauerstoffgas.	Stickgas.
1	1,25	0,50	0,20	0,55
2	1,25	0,85	0,16	0,24
3	1,63	1,23	0,16	0,24
4	0,50	0,49	0,01	0,00
Zusammen	4,63	3,07	0,53	1,03.

Ferner enthielt die Entwickelungsröhre nach 0,75 C. Zoll Gas, ohne Zweifel fast bloſs kohlensaures, da auch der letzte entwickelte Antheil fast bloſs daraus bestanden hatte; und da ausserdem 4,5 C. Zoll beim Kochen übergegangen waren, welche sich über dem Quecksilber wieder mit Luft sättigten, so kann man annehmen, daſs 113 (117,5 — 4,5) C. Zoll Brunnenwasser 5,38 (4,63 + 0,75) C. Zoll Gasgemenge entwickelt haben, oder 100 Maſs Wasser 4,76 Maſse Gas, welches 3,38 Maſs kohlensaures Gas, 0,47 Maſs Sauerstoffgas und 0,91 Stickgas enthält. — Da Henry gewöhnliches Brunnenwasser anwandte, welches vermuthlich sauren kohlensauren Kalk enthielt, so ist hierdurch vielleicht die Menge der Kohlensäure beträchtlicher gefunden worden, als es etwa bei reinem mit Luft gesättigtem Wasser der Fall gewesen wäre.

A. v. Humboldt und Gay-Lüssac entwickelten aus verschiedenen Arten von Wasser durch langes Kochen die Luft (deren Umfang beim Schnee und Seinewasser ungefähr 0,04 von dem des Wassers betrug) und fanden, daſs 100 Maſs der so erhaltenen Luft an Sauerstoffgas enthalte: bei distillirtem Wasser: 32,8 bei Regenwasser 31,0 bei Schneewasser 28,7 und bei Seinewasser 29,1 bis 31,9 Maſs. Auch sie fanden, daſs das Wasser das Sauerstoffgas fester zurückhielt, als das Stickgas, so daſs, wenn man die aus dem Seinewasser durch Erhitzen entwickelte Luft in 4 Antheilen auffängt, der erste in 100 Maſsen 23,7, der zweite 27,4, der dritte 30,2. und der vierte 32,5 Maſs Sauerstoffgas enthält; so zeigte auch die erste aus Schneewasser entwickelte Luft nur 24,0, die zweite 26,8, die dritte 29,6, die vierte 32,0 und die fünfte 34,8 Procent Sauerstoffgas dem Umfange nach. Wenn Wasser, welches mit den gasigen Gemengtheilen der Luft gesättigt ist, den einen derselben wieder

an andere Körper abtritt, so wird es denselben wieder aus der Luft aufnehmen. So fand schon PRIESTLEY[1] dafs Wasser, welches in einem grofsen hölzernen Troge faulig geworden war, wobei das verschlucktgewesene Sauerstoffgas desselben von der organischen Materie entzogen wurde, beim Schütteln mit Luft derselben schnell ihr Sauerstoffgas so vollständig entzog, dafs der Rückstand derselben nicht weiter durch Salpetergas vermindert wurde. Ganz dasselbe beobachtete DALTON. Demnach ist die Fäulnifs des Wassers wohl nicht die einzige Ursache dieser Erscheinung. INGENHOUSS[2] beobachtete eine bedeutende Verschlechterung der Luft beim Schütteln derselben mit gewöhnlichem oder mit Kalkwasser; BERGER fand, dafs wenn man Luft so lange mit gewöhnlichem Wasser in Berührung läfst, bis 20 Procent verschluckt sind, der Rückstand beim Sauerstoffgas mehr enthält, und in beiden Fällen ist von einem fauligen Zustande des Wassers nichts bemerkt worden, ja beim Kalkwasser wäre eine solche Annahme sehr unwahrscheinlich. Vielleicht hängen diese noch nicht erklärbaren Beobachtungen mit andern von DE MARTY bemerkten und gegen DALTONS Ansicht sprechenden Erfahrungen zusammen. Bringt man nämlich ausgekochtes, dann mit Stickgas gesättigtes Wasser mit Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas zusammen, so entwickelt sich nach DE MARTY blofs im Anfang etwas Stickgas, welches aber beim Schütteln wieder verschluckt wird, und das Wasser nimmt also neben sämmtlichem Stickgas, mit dem es zuvor gesättiget war, noch eine gewisse Menge von Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas auf. Aus diesem Grunde bedient sich de Marty des mit Stickgas gesättigten Wassers, als eines eudiometrischen Mittels, welches beim Schütteln mit kleinen Mengen Luft, blofs ihre 21 Procent Sauerstoffgas absorbirt. Auch dient nach ihm ebenso gut Wasser, welches mit der ganzen atmosphärischen Luft gesättigt ist, da nach der oben angeführten Erfahrung Wasser, welches sich mit Sauerstoffgas gesättigt hat, nach einiger Zeit immer wieder das Vermögen erlangt, frisches zu verdichten, während die Absorp-

1 Phil. Tr. LXIV. 91 u. 92.

2 Vermischte Schriften, übers. von Molitor II. 82.

tion des Stickgases sogleich beendigt ist. Ist diese Erscheinung richtig, so erklärt sie völlig die Angabe von Ingenhouss und von Berger.

Gay-Lüssac und Humboldt haben untersucht, welche Veränderungen Gasarten erleiden, deren unten offene Gefäfse mit Seinewasser, das mit der Luft in Berührung steht, gesperrt sind. Läfst man 100 Mafs Sauerstoffgas auf diese Weise 6 — 8 Tage stehen, so bleiben 60 Mafse übrig, welche 23 Mafs Sauerstoffgas und 37 Mafs Stickgas enthalten; so lassen 100 Mafs Wasserstoffgas 95 bis 97 Mafse übrig, deren Natur nicht genau bestimmt wurde; 100 Mafs Stickgas 97 bis 98 Mafs, worin 11 Mafs Sauerstoffgas. Gemenge aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zeigen dann die stärkste Verminderung, wenn das Sauerstoffgas vorwaltet; ein Gemenge von gleichen Mafsen dieser Gase läfst einen Rückstand, der in 100 enthält: 50 Wasserstoffgas, 30 Sauerstoffgas und 20 Stickgas; ein Gemenge von 400 Mafsen Sauerstoffgas auf 200 Wasserstoffgas, läfst 562 Mafse, von welchen 142 Mafs Wasserstoffgas, 174 Mafs Sauerstoffgas und 246 Mafs Stickgas sind. Diese Versuche zeigen, dafs sich keine Gasart durch Wasser genau sperren läfst; denn das lufthaltige Wasser wird nach den obigen Gesetzen da, wo es mit dem Gase in Berührung ist, einen Theil desselben verschlucken, und dagegen einen Theil der Luft ausstofsen, die es enthält. Die mit dem gesperrten Gas gesättigten Wassertheile gelangen durch irgend eine, durch Temperaturveränderung oder Erschütterung veranlafste Bewegung anderswohin, stofsen an der Luft das fremdartige Gas aus, und machen neuen Theilen von Wasser Platz, um mit dem gesperrten Gase einen ähnlichen Tausch einzugehen, u. s. w. Nach einer gewissen Zeit müfsten die Gefäfse blofs noch atmosphärische Luft enthalten (wenn nicht eine sauerstoffgasärmere); doch ist bei diesen Versuchen auffallend, dafs das Sauerstoffgas in viel gröfserer Menge verschluckt wird, als die übrigen Gasarten, noch dazu von lufthaltigem Wasser, welches doch schon zum Theil damit gesättigt ist, und diese Versuche von Humboldt und Gay-Lüssac beweisen theils die besonders schnelle Verschluckbarkeit dieses Gases, theils können sie vielleicht als Belege von de Marty's Erfahrungen über die

Insatiabilität des Wassers mit diesem Gase angesehen werden.

Das bis jetzt über die Absorbirbarkeit von Gasgemengen Gesagte gilt bloſs von denjenigen Gasarten, von denen das Wasser höchstens seinen gleichen Umfang verschluckt. Ueber das Verhalten des Wassers zu den Gemengen leichter verschluckbarer Gasarten fehlen genaue Beobachtungen, und wiewohl wir auch hier im Allgemeinen annehmen dürfen, daſs (sobald die Gase unter einander keiner chemischen Verbindung fähig sind) die Gegenwart des einen Gases die Absorption des andern geringer macht, und umgekehrt, und daſs ein Gas das andere zum Theil aus dem Wasser austreibt, so ist doch diese Verminderung der Absorption nicht so beträchtlich, wie bei den schwierig verschluckbaren Gasarten, und die Formel von Dalton findet hier gewiſs keine Anwendung, wie er auch selbst dieses nicht will.

Die *Schnelligkeit*, mit welcher die Absorption eines Gases durch Wasser erfolgt, hängt von denselben Umständen ab, wie die Menge, in der es verschluckt wird, und auſserdem von der Menge der Berührungspuncte, und es läſst sich im Allgemeinen sagen: je reichlicher absorbirbar und je comprimirter ein Gas ist, je niedriger die Temperatur, jemehr fremdartige Gasarten entfernt sind und je ausgedehntere Berührungsfläche statt findet, oder durch Hereinlassen des Gases zum Wasser in Gestalt von kleinen Blasen oder durch Quirlen, Schütteln u. s. w. die Zahl der Berührungspuncte vermehrt wird, desto rascher nimmt das Wasser ein gewisses Gewicht Gas auf. Hierauf beruht vorzüglich die Einrichtung des Woulfeschen Apparats, der Parkerschen Maschine und der gröſseren zur Bereitung künstlicher Sauerwässer angewandten Apparate.

Ausgekochtes Wasser mit einer überschüssigen Menge eines schwierig verschluckbaren Gases geschüttelt, ist nach Dalton in ungefähr 1 bis 3 Minuten damit gesättiget; in der Röhre sättiget sich dagegen das Wasser mit solchen schwierig verschluckbaren Gasen erst in mehreren Tagen. Wie schnell jedoch vorzüglich das Sauerstoffgas von nicht geschütteltem Wasser verschluckt wird, beweisen die Versuche von Carradori. Läſst man nämlich einen Fisch in mit Oel bedeck-

tem Wasser, bis er asphyktisch wird, wobei das Wasser alles Sauerstoffgas verloren hat, so braucht man dasselbe bloſs nach Entfernung des Oels in eine flache Schale auszugieſsen, und der Fisch wird wieder lebendig, und lebt, wenn man jetzt das Wasser wieder in die Flasche zurückgieſst und mit Oel bedeckt, noch $\frac{1}{2}$ Stunde darin fort. Das Wasser verschluckt das holzsaure Gas so schnell, daſs wenn man ein mit diesem Gase gefülltes Gefäſs mit der Oeffnung unten über Wasser bringt, dasselbe mit einer solchen Gewalt in dasselbe stürzt, wie wenn das Gefäſs luftleer gewesen wäre.

Bei jeder Verschluckung der Gasarten durch Wasser scheint *Wärme frei zu werden.* Dieses ist am auffallendsten bei den reichlich absorbirbaren Gasarten, wie bei salzsaurem Gas u. s. w. wo die Temperatur des Wassers über 100° steigen kann. Doch ist sie auch noch bei denjenigen Gasarten bemerklich, von denen das Wasser seinen gleichen Umfang verschluckt. So beträgt nach Henry die Temperaturerhöhung bei der Sättigung des Wassers durch kohlensaures Gas $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$° F.; hydrothionsaures und Stickoxydulgas bewirken nach ihm eine geringere Wärmeentwickelung; bei denjenigen Gasarten, welche in noch kleineren Verhältnissen vom Wasser aufgenommen werden, ist zwar eine sehr kleine Temperaturerhöhung wahrscheinlich, aber noch nicht beobachtet worden.

Das Wasser geht durch die Absorption der Gase in einen *ausgedehnteren Zustand* über. Dieses ist am auffallendsten bei solchen Gasarten, von denen es viele Maſse verschluckt; so liefern nach Thomson's Berechnung 1000 Maſse Wasser bei der Sättigung mit Ammoniakgas 1666 mit salzsaurem Gas 1500 mit schwefligsaurem Gas 1040 und mit Chlorgas 1002 Maſse Flüssigkeit; so fand Bergmann[1], daſs das specifische Gewicht des mit kohlensauren Gase bei gewöhnlichem Luftdruck gesättigten Wassers 1,0015 beträgt; da nun 1 Maſs Wasser ungefähr 1 Maſs kohlensaures Gas, oder dem Gewichte nach 10000 Theile Wasser 18 Theile Kohlensäure aufnehmen, so müſste das specifische Gewicht des mit

1 Opuscula chem. et phys. Vol. I. p. 9.

Kohlensäure gesättigten Wassers 1,0018 betragen, wenn dasselbe sich bei dieser Verbindung nicht ausgedehnt hätte.

Die Umstände, unter welchen ein vom Wasser verschlucktes Gas sich wieder aus demselben *entwickelt*, sind, wie sich zum Theil aus Obigem ergiebt: 1. Luftverdünnung. 2. Temperaturerhöhung, besonders Siedhitze. 3. Hinzutreten anderer Gase. 4. Hinzutreten nicht gasförmiger, mit Wasser mischbarer Substanzen. 5. Gefrieren des Wassers. 6. Besondere mechanische Veranlassungen. 1. Wird mit einem Gase gesättigtes Wasser unter die Glocke einer Luftpumpe gesetzt und dieselbe exantlirt, so wird das im Wasser enthaltene Gas, der Weite der Glocke entsprechend, ausgedehnt, und von diesem ausgedehnten Gase behält das Wasser nur soviel Maſse, als vorher von dem unter dem gewöhnlichen Luftdruck befindlichen, während der übrige Theil des Gases die Glocke füllt. Wird nun dieser Theil wieder durch Auspumpen entfernt, so wird das übrige im Wasser enthaltene Gas wieder in einen ausgedehntern Zustande übergehen, und in diesem zum Theil das Wasser verlassen, um die Leere der Glocke auszufüllen; und es ist einzusehen, wie bei fortgesetztem Auspumpen nur ein geringer Theil des Gases im Wasser zurückbleiben wird. Doch ist diese Entwickelung immer nur unvollständig, und zwar aus folgenden Gründen: 1. Weil man der Einrichtung der Luftpumpen gemäſs, nicht ganz luftleer auspumpen kann. 2. Weil die Anziehung des Wassers zur Gasart der Entwickelung derselben Schranken zu setzen scheint, sobald die Menge des in dem Wasser enthaltenen Gases auf ein gewisses Minimum heruntergegangen ist, wo bei weiterm Exantliren die Verbindung des Wassers mit dem Gase als Ganzes elastisch wird, ohne daſs das Gas für sich entwickelt würde. Dieses scheint bei den wenig verschluckbaren Gasarten erst dann einzutreten, wenn nur noch kleine Mengen derselben im Wasser befindlich sind, doch fanden Saussüre und Andere, daſs sich selbst die Gemengtheile der Luft durch bloſses Auspumpen nicht völlig von Wasser scheiden lassen; bei den reichlich verschluckbaren Gasen, wie bei salzsauren Gas, tritt dagegen dieser Punct sehr bald ein, wo noch die gröſste Menge des Gases mit dem Wasser verbunden ist, welche Verbin-

dung bei weiterem Auspumpen als solche verdampft, ohne ein reineres Wasser zurückzulassen.

2) Die Siedhitze treibt theils insofern einen Theil des Gases aus, als Temperaturerhöhung überhaupt die Elasticität des Gases vermehrt, und vielleicht auch noch aufserdem die Absorbirbarkeit schwächt; theils wirkt sie vorzüglich durch die Dampfbildung. Wird Wasser, welches mit einem schwierig verschluckbaren Gase verbunden ist, nicht blofs bis an 100° erhitzt, sondern wirklich ins Sieden gebracht, so entwickelt sich das Gas viel reichlicher, und zwar um so vollständiger, je länger man mit dem Sieden anhält. Diese vollständigere Entwickelung ist nicht blofs eine Folge der Temperaturerhöhung an und für sich, sondern besonders der dadurch bewirkten Bildung von Wasserdampf. Wie dessen Gegenwart hierauf Einflufs habe, hierüber werden unten mehrere Ansichten mitgetheilt werden. Doch hängen manche wenig absorbirbare Gasarten dem Wasser höchst innig an, besonders das Sauerstoffgas, welches auch durch fortgesetztes Kochen nicht völlig ausgetrieben werden zu können scheint. Priestley brachte lufthaltiges Wasser in eine, oben zur Kugel erweiterte und mit Quecksilber gefüllte Barometerröhre, stürzte sie um, brachte das Wasser zum Kochen und schüttelte, liefs durch Umkehren des Barometers die entwickelte Luft heraus, gofs Quecksilber nach, und wiederholte diesen Versuch gegen 30 mal, und so oft er ihn auch wiederholte, so oft entwickelte sich auch etwas Luft, so dafs er es für möglich hielt, das Wasser völlig in Luft zu verwandeln, was ihm jedoch nicht gelang. Carradori erhielt Wasser sehr lange im Kochen, füllte mit dem siedenden Wasser eine Glasflasche mit enger Oeffnung bis oben voll, liefs es, mit Oel bedeckt, erkalten, nahm dann das Oel auf einen Augenblick ab, brachte einen kleinen Fisch in die Flasche, und dann sogleich wieder das Oel darüber. Der Fisch lebte und athmete noch eine Zeitlang darin, während Fische im Wasser, welches kein Sauerstoffgas mehr enthielt, augenblicklich sterben. Schon Priestley stellte diesen Versuch mit demselben Erfolge an. Auch de Lüc überzeugte sich, dafs man, um vollkommen luftfreies Wasser zu erhalten, das Wasser in einem verschlossenen Kolben

fast 16 Tage lang beständig schütteln und häufig kochen mufs, wobei man den in eine Spitze ausgezogenen und zugeschmolzenen Hals des Kolbens öffnet, und nach dem Aufhören des Kochens immer sogleich wieder zuschmelzt.

Bei reichlich absorbirbaren Gasarten, wie bei salzsaurem Gas, wiederholt sich das von der Aufhebung des Luftdruckes Gesagte; nämlich nachdem hier ein Theil des Gases beim Erhitzen als solches entwickelt worden ist, so wird die rückbleibende Verbindung als Ganzes verdampfen, wovon blofs das so reichlich verschluckbare Ammoniakgas, welches durch geringe Erhitzung ausgetrieben werden kann, eine auffallende Ausnahme macht.

3. Wie Wasser, welches mit einem Gase verbunden ist, einen grofsen Theil desselben fahren läfst, wenn es mit einem andern in Berührung kommt, und zwar in um so grösserer Menge, je reichlicher absorbirbar und in je gröfserer Menge vorhanden das andere Gas ist, hievon war bereits oben die Rede.

4. Löset man verschiedene Salze im Wasser, welches irgend ein Gas enthält, oder mischt man dies Wasser mit Vitriolöl und einigen anderen tropfbaren Flüssigkeiten, so vermindert sich durch die neue Verbindung, in welche das Wasser tritt, die absorbirende Kraft desselben, und es läfst einen Theil des verschluckten Gases entweichen. Sättigt man Seinewasser mit Kochsalz, so entwickelt sich hierbei nach v. Humboldt und Gay-Lüssac ungefähr die Hälfte von derjenigen Luft, welche sich durch fortgesetztes Sieden entwickeln würde, und zwar enthält diese durch das Kochsalz entwickelte Luft nur 22,5 Procent Sauerstoffgas, während die sämmtliche, durch das Kochen entwickelte 30,5 enthält. Also treibt das Kochsalz, wie die Hitze im Anfang, verhältnifsweise mehr Stickgas aus.

Bei reichlich verschluckbaren Gasarten kommen solche theilweise Entwickelungen durch Zusatz anderer Körper ebenfalls vor; so entwickelt Wasser, welches nur mäfsig mit salzsaurem Gas gesättigt ist, so dafs es beim Kochen keines entwickelt, beim Vermischen mit Vitriolöl sehr viel Gas.

5. Ist das Wasser mit einem von denjenigen Gasen vereinigt, von welchem es nur höchtsens sein gleiches Mafs

aufnimmt, und wird es einer Kälte ausgesetzt, bei welcher es sich in Eis verwandelt, so entwickelt sich im Moment des Festwerdens das verschluckte Gas aus demselben. Dies ist eine der Ursachen, warum lufthaltiges Wasser beim Gefrieren die Gefäſse sprengt, das Eis erscheint mit vielen Luftbläſschen erfüllt. Ob sich beim Gefrieren lufthaltigen Wassers alle Luft entwickele, oder nur ein Theil, während der andere mit dem Eise verbunden bleibt, ist noch eine Streitfrage, doch ist Ersteres wahrscheinlicher. Läſst man Eis von lufthaltigem Wasser schmelzen, so entwickelt es nach von Humboldt und Gay-Lüssac beim Kochen halb so viel Luft, als solches Wasser, welches ganz mit Luft gesättigt ist. Schneewasser giebt jedoch nach denselben beinahe eben soviel Luft, wie Seinewasser, wobei diese Physiker allerdings die Vermuthung äuſsern, daſs das Wasser vielleicht während des Schmelzens die zwischen dem Schnee eingeschlossene Luft aufgenommen habe. Carradori's Ansicht ist, daſs das Eis und der Schnee gar keine Luft gebunden enthalten, und das Gefrieren also ein Mittel ist, das Wasser völlig von Luft zu befreien, daſs aber, wenn man diese Körper beim Zutritt von Luft schmelzen läſst, das erzeugte Wasser dieselbe, besonders das Sauerstoffgas schnell aufnimmt. Er füllte eine Flasche mit Schnee, Eis oder Hagel völlig an, und füllte nach, so wie durchs Schmelzen im Halse der Flasche eine Leere entstand, bedeckte das erzeugte Wasser mit Oel und lieſs es auf die gewöhnliche Temperatur kommen. Hierin starben Fische augenblicklich, da sie im Wasser, welches nur höchst wenig Sauerstoffgas verschluckt enthält, doch einige Zeit fortleben. Wenn man dagegen Schnee oder Eis in einer flachen Schale schmelzen lieſs, so blieb ein Fisch in diesem Wasser, nachdem es mit Oel bedeckt war, um weitere Absorption von Sauerstoffgas zu hindern, $\frac{1}{2}$ Stunde lang lebendig. Stimmen nun gleich die Erfahrungen von Gay-Lüssac und Humboldt einerseits und von Carradori andererseits nicht ganz mit einander überein, so widerlegen sie doch auf's bestimmteste eine frühere Behauptung des ungenauen Hafsenfratz, nach welcher das Schneewasser mehr

Sauerstoffgas als anderes Wasser enthalten, und dadurch seine besonderen Wirkungen auf die Vegetation hervorbringen sollte.

Dafs auch das kohlensaure Gas beim Gefrieren des Wassers fast völlig ausgetrieben wird, bemerkte schon Brownrigge [1]. Die Verbindungen des Chlor - Ammoniaksalzsauren und anderer reichlich verschluckbaren Gase scheinen sämmtlich beim Gefrieren kein Gas fahren zu lassen, sondern theils über, häufiger unter 0° als Ganze zu gestehen.

6. Zu den mechanischen Umständen, welche die Entwickelung der Gase aus dem Wasser veranlassen, sind folgende zu rechnen.

a. Wenn gashaltiges Wasser unter einem geringern äufsern Druck, oder in eine höhere Temperatur gebracht wird, als bei welcher es gesättigt wurde, so entweicht der Theil des Gases, der nach Obigem frei werden sollte, nicht immer sogleich; seine Entwickelung wird jedoch beschleuniget theils durch Schütteln, theils durch Hineinwerfen von Sand, Blattsilber und andern eckigen Körpern, Hineintauchen eines Glafstabes, Drathes u. s. w., und wir sehen die hineingebrachten Körper sogleich mit einer Menge Gasblasen bedeckt [2]. Bis jetzt fehlt es noch an einer genügenden Erklärung theils der Erscheinueg, dafs die Gase sich nicht sogleich entwickeln, sondern vermöge einer Art Trägheit im Wasser noch einige Zeit in gröfserer Menge bleiben, als sie nach gegebenem Druck und Temperatur absorbirt werden können, — theils der Erscheinung, dafs mechanische Mittel die Entwickelung beschleunigen. Vielleicht ist es, wie Oerstädt annimmt, eine Unmöglichkeit, dafs sich eine Gasblase mitten in einer homogenen Flüssigkeit bildet. Die Gasbildung geht vielleicht blos vor sich, da wo die Flüssigkeit einen festen Körper oder eine heterogene tropfbare Flüssigkeit, oder, an der Oberfläche, die Luft berührt. Wir sehen auch, wie die Blasen vorzüglich von den Wendungen des Gefäfses aufsteigen, und dann allerdings beim Aufsteigen

1 Phil. Trans. LXIV. 361.

2 Vergl. Oerstädt ins Gehlen's Journal für Chemie und Phys. Bd. 1 S. 277.

noch beträchtlich zunehmen. Schütteln muſs dann die Gasbildung beschleunigen, weil es immer wieder neue Antheile der Flüssigkeit, aus dem Innern der Masse mit den Wendungen des Gefäſses in Berührung bringt; eben so vermehrt das Hineinwerfen fester, besonders verkleinerter Körper die Oberfläche, an welcher die Blasenbildung vor sich gehen kann.

b. Pearson[1] fand, daſs wenn man durch Wasser, welches durch die Luftpumpe oder durch Auskochen möglichst von Luft befreit ist, und sich in einer oben verschlossenen und einen Drath haltenden, unten offenen, mit Quecksilber, oder, bei Anwendung einer metallischen Schale, mit Wasser gesperrten Glasröhre befindet, elektrische Schläge leitet, sich, neben dem, durch Zersetzung des Wassers entstandenen Sauerstoffgas und Wasserstoffgas eine beträchtliche Menge atmosphärischer Luft entwickelt, welche nach dem Verpuffen der beiden ersten Gasarten übrig bleibt. So oft er auch mit demselben Wasser den Versuch wiederholte, so oft war der Knallluft atmosphärische Luft beigemengt. Doch war der Apparat offenbar so eingerichtet, daſs das Wasser Gelegenheit hatte, von auſsen immer wieder neue atmospärische Luft aufzunehmen, und der Versuch beweist nur, daſs auch elektrische Schläge im Stande sind, dieselbe zu entwickeln, selbst wenn sie sehr wenig beträgt.

b) Verschluckung der Gasarten durch die übrigen Flüssigkeiten.

Diejenigen, über deren absorbirendes Vermögen Erfahrungen existiren, sind 1. flüssige Verbindungen des Wassers mit andern Materien, 2. an und für sich flüssige organische Verbindungen 3. flüssige Metalle.

1. Saussüre brachte Vitriolöl und die Auflösung der Weinsteinsäure, mehrerer Salze und einiger organischer Materien im Wasser mit kohlensaurem Gas zusammen, und fand, daſs 1 Maſs solcher Flüssigkeiten folgende Mengen die-

---

1 Philos. Trans. LXXXVII. 142 daraus in Crell Annalen 1798 Bd. I. S. 122 und im Auszug in G. II, 154 und 166.

ses Gases verschluckt. (Die dritte Columne giebt die Menge der Materie an, welche in 100 Theilen der Auflösung enthalten ist; tr. bedeutet, dafs diese Materie im trockenen, tr., dafs sie im Krystallwasser — haltenden Zustande gemeint ist.)

	Spec. Gew. der Flüssigkeiten	Procente fremder Materie		Absorbirtes Gas
Wasser	1,000	0		1,06.
Schwefelsäure	1,840	76,0	tr.	0,45.
Weinsteinsäure	1,285	53,37	kr.	0,41.
Salmiak	1,078	27,53	tr.	0,75.
Schwefelsaures Kali	1,077	9,42	tr.	0,62.
Chlorkalium	1,168	26,0	tr.	0,61.
Salpetersaures Kali	1,139	20,6	tr.	0,57.
Schwefelsaures Natron	1,105	11,14	tr.	0,58.
Kochsalz	1,212	29,0	tr.	0,329.
Salpetersaures Natron	1,206	26,4	tr.	0,45.
Chlorkalium	1,402	40,2	tr.	0,261.
Alaun	1,047	9,14	kr.	0,70.
Zucker	1,104	25,0	kr.	0,72.
Gummi arab.	1,092	25,0		0,75.
Wässriger Weingeist	0,840	83,0	tr.	1,87.

Diese Tabelle zeigt, dafs alle untersuchten Verbindungen des Wassers mit andern Materien, den wässrigen Weingeist ausgenommen, das kohlensaure Gas minder reichlich aufnehmen, als das reine Wasser, wie sich dieses schon aus der oben berührten Thatsache ableiten liefs, dafs lufthaltiges Wasser beim Auflösen von Salzen einen Theil der Luft entwickelt; auch zeigt sie, dafs die zäheren wässrigern Lösungen z. B. die des Zuckers und Gummi's nicht gerade weniger verschlucken, als andere; nur fand Saussüre, dafs solche klebrige Flüssigkeiten bedeutend längere Zeit zu ihrer Sättigung mit dem Gase nöthig haben. Dafs auch die übrigen Gasarten in geringerer Menge von solchen wässrigen Gemischen aufgenommen werden, als vom reinem Wasser, wird aus folgenden Versuchen von Saussüre wahrscheinlich, wo er verschiedne Gasarten einerseits mit Wasser, andererseits mit einer gesättigten wässrigen Lösung des Chlorkaliums zusammenbrachte.

Es verschluckt	1 Mafs Wasser	1 Mafs Chlorkalium-Lösung
Kohlensaures Gas	1,06 Mafs	0,61 Mafs
Stickoxydulgas	0,76 –	0,29.
Oelerzeugendes Gas	0,155 –	0,10.
Kohlenoxydgas	0,062 –	0,052.

2. Schon Priestley zeigte, dafs der Luft ausgesetzt gewesener Weingeist, (freilich Wasserhaltender) beim Erhitzen in der Torricellischen Leere neben brennbarer Luft (Weingeistdampf?) auch atmosphärische Luft entwickele; desgleichen der Luft ausgesetzt gewesenes Terpentinöl neben brennbarer Luft auch Stickgas. Cavendish liefs zu 1 Mafs kohlensaurem Gas über Quecksilber bei 8° C. wässrigen Weingeist in 4 Antheilen treten.

Weingeist Antheil.	Mafse	durch jeden Antheil absorbirtes Gas. Mafse.	Gasrückstand.
1	0,207	0,207	0,547.
2	0,146	0,274	0,273.
3	0,074	0,103	0,170.
4	0,046	0,030	0,140.

Hieraus schlofs er, dafs 1 Mafs Weingeist bei 8° C. 2,25 Mafse kohlensaures Gas verschluckt. Auch fand er, dafs 1 Mafs Olivenöl bei derselben Temperatur etwas über 1 Mafs kohlensaures Gas verschluckt, jedoch etwas langsam.

Die wichtigsten Versuche sind wiederum folgende, von Saussüre bei 18° C. angestellt.

1 Mafs	spec. Gewicht	verschluckt Mafse kohlensaures Gas.
Absoluter Weingeist	0,803	2,6.
Wässriger Weingeist	0,840	1,87.
Schwefeläther	0,727	2,17.
Rectificirtes Steinöl	0,784	1,69.
Frisch distillirtes Lavendelöl.	0,88	1,91.
Thymianöl	0,89	1,88.
Terpentinöl	0,86	1,66.
Leinöl	0,94	1,56.
Baumöl	0,915	1,51.

Ferner verschluckt nach Saussüre bei 18° C. 1 Maſs folgender Flüssigkeiten, folgende Mengen der Gase:

	Wasser.	Wässriger Weingeist.	Steinöl.	Lavendelöl.	Baumöl.
Schwefligsaures Gas.	43,78	115,77			
Hydrothionsaures Gas.	2,53	6,06			
Kohlensaures Gas	1,06	1,86	1,69	1,91	1,51
Oxydirtes Stickgas	0,76	1,53	2,54	2,75	1,50
Oelerzeugendes Gas	0,155	1,27	2,61	2,09	1,22
Sauerstoffgas	0,065	0,1625			
Kohlenoxydgas	0,062	0,145	0,20	0,156	0,52
Oxydirtes Kohlen-Wasserstoffgas	0,051	0,07			
Wasserstoffgas	0,046	0,051			
Stickgas	0,042	0,042			

Der wässrige Weingeist, das Steinöl, Lavendelöl und Baumöl waren bei dieser letzten Tabelle dieselben, wie bei der vorigen; bei beiden waren diese Flüssigkeiten theils durch Kochen, theils durch die Luftpumpe soviel wie möglich von der Luft befreit, was freilich bei den leichter verdampfbaren nur unvollständig ausführbar war, demungeachtet zeigt sich, daſs diese organischen Flüssigkeiten die meisten oder alle Gasarten viel reichlicher aufnehmnn, als das Wasser, nur daſs dieses bei den dicklichen Flüssigkeiten, wie bei denselben Oelen, sehr langsam erfolgt.

Saussüre überzeugte sich auſserdem, daſs das *Henrysche* Gesetz, nach welchem eine Flüssigkeit von einem Gase immer dieselbe Zahl von Maſsen verschluckt, der äuſsere Druck sey, welcher er wolle, auch bei diesen Flüssigkeiten seine Richtigkeit habe, indem Lavendelöl und eben so Baumöl bei vermindertem Luftdruck gerade soviel Maſse kohlensaures Gas verschluckt, wie bei gewöhnlichem.

3. Zu den Absorptionen von Gasarten durch flüssige Metalle, lassen sich folgende Erscheinungen zählen:

a. Samuel Lucas[1] beobachtete, daſs Silber, welches an der Luft geschmolzen wird, aus derselben Sauerstoffgas aufnimmt, ohne sein metallistisches Ansehen zu ändern. Dieses Sauerstoffgas entwickelt sich beim Erstarren des Sil-

1 Ann. de Chim. et de Phys. XII. 402.

bers gerade so wie das Wasser beim Gefrieren die absorbirt gewesene Luft fahren läfst. Geht das Abkühlen des Silbers etwas rasch vor sich, so dafs die äufsere Rinde fest wird, ehe noch die innern Theile ihr Sauerstoffgas entwickelt haben, so bahnt sich dieses mit Gewalt einen Weg durch Zerreifsen dieser Rinde und Hervortreiben von geschmolzenem Silber. Bei gröfseren Massen fährt das Sauerstoffgas oft $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde fort, sich aus diesen Rissen zu entwickeln, und Hervorragungen von Silber zu erzeugen. Dafs sich wirklich Sauerstoffgas entwickelt, findet man, wenn man das Silber in Wasser wirft, und das Gas auffängt. Bedeckt man das Silber während des Schmelzens mit Kohlen, so tritt es an diese das Sauerstoffgas ab, und verliert damit die Eigenschaft, bei raschem Erkalten zu sprützen und auszuwachsen. Das Kupfer zeigt nach Lucas ein ähnliches Verhalten.

Chevillot[1] fand bei Wiederholung dieser Versuche, dafs ein Gramm geschmolzenes Silber beim Erkalten 0,00047 bis 0,0009 Liter Sauerstoffgas entweichen läfst; doch überzeugte er sich, dafs diese Eigenthümlichkeit dem Zink, Wismuth und Blei und selbst dem Kupfer nicht zukomme, ja dafs schon Silber, dem nur 5 p. C. Kupfer beigemischt sind, kein Sauerstoffgas mehr entwickele.

b. Vom Quecksilber nimmt man ziemlich allgemein an, dafs dasselbe begierig Luft und Wasserdämpfe anziehe, worin eben die Schwierigkeit liege, Thermometer und Barometer vollkommen frei von Luft und Wasser darzustellen. Bellani[2] hat es jedoch durch viele Versuche höchst wahrscheinlich gemacht, dafs diese Luft und Feuchtigkeit nicht dem Quecksilber, sondern blofs den Wendungen des Glases anhängt.

Theorie der Absorption der Gase durch tropfbare Flüssigkeiten.

Bis auf Dalton wurde allgemein angenommen, alle so eben aufgezählte Arten von Verschluckung, seyen die Folge einer *Affinität* zwischen dem Gase und dem Tropfbaren, und

1 Annal. de Chim. etc. XIII. 299.
2 Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. VI. 20.

eine solche Verbindung sey demnach als eine *chemische* zu betrachten.

DALTON ist durch seine und HENRY's Versuche auf die Ansicht geleitet worden, nach welcher diese Verbindungen gröſstentheils als *mechanische* anzusehen sind. Er unterscheidet nämlich diejenigen Gasarten, von denen das Wssaer oder ein anderes Tropfbares höchstens seinen Umfang aufnimmt, von den reichlicher verschluckbaren, und sieht die Verbindung des Wassers u. s. w. mit ersterem als eine rein mechanische, die mit letzterem als eine gemischte, d. h. als eine mechanische und chemische zugleich an. Die Grundzüge seiner Ansicht über die mechanische Verbindung der minder verschluckbaren Gasarten sind folgende:

Da diese Gase, nachdem sie vom Wasser aufgenommen sind, in diesem dieselbe oder eine noch viel gröſsere Ausdehnung haben, wie vorher auſser dem Wasser, da sie noch völlig ihre Elasticität besitzen, so daſs sie sich wieder vollständig daraus entbinden, wenn der äuſsere Druck aufgehoben wird, so ist kein Grund vorhanden, die Verbindung als eine chemische anzusehen. Man kann sich vielmehr denken, daſs das Gas, vermöge seiner Elasticität, auf eine ähnliche Weise in die Poren des Wassers dringt, wie das Wasser die des Schwammes ausfüllt. Dalton glaubte aus seinen vorläufigen Versuchen den Schluſs ziehen zu dürfen, daſs eine jede nicht klebrige Flüssigkeit, namentlich Säuren, Salzlösungen, Weingeist u. s. w., von einem Gas dem Umfange nach gerade soviel aufnehme, wie reines Wasser. Dieses würde seine Ansicht unterstützt haben, da es gezeigt hätte, daſs die Absorption nicht von der chemischen Natur des Liquidums abhängt. Doch zeigen SAUSSURE's Versuche auf das Bestimmteste das Gegentheil, wie dieses auch DALTON jetzt zugegeben hat, und dieselben dienen daher der chemischen Ansicht zur Stütze.

So glaubte DALTON früherhin auch sehr einfache Raumverhältnisse gefunden zu haben, nach welchen die Gase vom Wasser aufgenommen würden; nämlich 1 Maſs Wasser sollte verschlucken: 1 Maſs kohlensaures und hydrothionsaures Gas und Stickoxydulgas (daſs letzteres in geringerem Maſse verschluckbar gefunden wird, rührt nach DALTON

von der Schwierigkeit her, dasselbe rein darzustellen, und seine Verunreinigung zu bemerken), $\frac{1}{8}$ Maſs ölerzeugendes Gaſs, $\frac{1}{27}$ Maſs Sauerstoffgas, Kohlenwasserstoffgas und Stickoxydgas und $\frac{1}{64}$ Maſs Stickgas, Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas. Die Dichtigkeit des Gases im Wasser stände also zu der Dichtigkeit des Gases auſser dem Wasser in dem einfachen Verhältniſs von 1: 1 von $\frac{1}{8}$: 1. von $\frac{1}{27}$: 1. und von $\frac{1}{64}$: 1. Da nun die Zahlen 1, 8, 27 und 64 die Würfel von 1, 2, 3 und 4 sind, so stellt sich Dalton vor, daſs während bey den zu gleichen Maſsen absorbirbaren Gasarten die wechselseitige Entfernung ihrer Atome dieselbe ist im Wasser, wie auſser dem Wasser, diese bei den zu $\frac{1}{8}$ verschluckbaren Gasen das doppelte, bei den zu $\frac{1}{27}$ das dreifache und bei den zu $\frac{1}{64}$ verschluckbaren das vierfache im Wasser beträgt gegen die Entfernung der Atome auſserhalb desselben. Ein solches Verhältniſs würde ebenfalls für Daltons Ansicht sprechen, nach welcher die Verschluckung solcher Gase als keine chemische, sondern als eine mechanische zu betrachten ist, indem diese Raumverhältnisse weniger mit den chemischen Proportionen als mit mechanischen Verhältnissen, besonders mit der Porosität des Wassers, zusammengereimt werden können. Jedoch stimmen Saussüre's Versuche durchaus nicht mit den von Dalton angenommenen Absorptionsgröſsen überein. Nach ihm verschluckt das Wasser mehr als sein gleiches Maſs hydrothionsaures und kohlensaures Gas, weniger als sein gleiches Maſs Stickoxydulgas, über $\frac{1}{7}$ Maſs ölerzeugendes Gas, über $\frac{1}{16}$ Maſs Sauerstoffgas u. s. w., wie die zuerst angeführte Tabelle zeigt. Da nun Dalton selbst späterhin bei mehreren Gasarten andere Absorptionsgröſsen fand als früher, so dürfen wir annehmen, daſs entweder dieses *Daltonsche Gesetz* überhaupt in der Natur nicht gegründet ist, oder daſs wenigstens gewisse unbekannte Ursachen vorhanden sind, wegen welcher die Absorption nicht immer nach dem von Dalton festgestellten Verhältnisse erfolgt.

Wenn eine schwierig verschluckbare Gasart mit gasfreiem Wasser in Berührung kommt, so drückt dieselbe nach Dalton anfangs mit ihrer ganzen Kraft auf das Wasser; allmählig dringt sie aber in dasselbe ein, füllt seine Poren und vertheilt sich am Ende vollkommen, so daſs sie entweder

innerhalb und aufserhalb des Wassers dieselbe Dichtigkeit hat, oder im Wasser eine 8, 27, oder 64 mal geringere. Im ersteren Falle drückt das aufser dem Wasser befindliche Gas blofs auf das im Wasser enthaltene, und umgekehrt, so dafs das Wasser selbst keinen Druck mehr zu erleiden hat; beim ölerzeugenden Gas dagegen wird der nicht absorbirte Theil auf die Oberfläche des Wassers $\frac{7}{8}$ von seinem ursprünglichen Druck ausüben, weil das absorbirte Gas einem Achtel des Drucks das Gleichgewicht hält; so wird beim Sättigen des Wassers mit Sauerstoffgas das nicht absorbirte Gas mit $\frac{26}{27}$ seiner Kraft auf das Wasser und mit $\frac{1}{27}$ auf das absorbirte Gas drücken, und beim Wasserstoffgas wird der respective Druck $\frac{63}{64}$ und $\frac{1}{64}$ betragen.

Das vom Wasser absorbirte Gas wird nach Dalton einzig durch den Druck zurückgehalten, den der nicht verschluckte Gasantheil auf die Oberfläche desselben ausübt, und es entbindet sich daher, wenn man diesen Druck entfernt. Schafft man deshalb den nicht verschluckt gebliebenen Theil des Gases mit der Luftpumpe hinweg, so entwickelt sich ein grofser Theil des verschlucktgewesenen, entzieht man diesen, so entwickelt sich wieder Gas u. s. w. Das *Henrysche Gesetz*, das nämlich das Wasser von irgend einer Gasart gleichviel Mafs aufnimmt, in welcher Ausdehnung es sich auch befinde, entspricht völlig der Daltonschen mechanischen Ansicht; denn mit doppelter Ausdehnung ist das Ausdehnungsbestreben des Gases auf die Hälfte gebracht; es wird sich also mit nur halb so grofser Kraft in das Wasser hineindrücken, und hat es die Poren desselben nur in halb so grofser Menge (dem Gewicht nach) gefüllt, so leistet es jetzt dem Druck des äufseren Gases hinreichenden Widerstand, um das weitere Eindringen von Gas zu hindern. Bei chemischen Verbindungen zeigt sich nicht sowohl Beständigkeit in dem Mafse, als in den Gewichten; wäre die Verbindung chemisch, so müfste das Wasser vom verdünnten Gase mehr Mafse aufnehmen, als vom verdichteten.

Den Einflufs der Temperatur auf die Absorptionsgröfse erklärt Dalton folgendermafsen: Er sieht es als ausgemacht an (was aber noch einer weitern Prüfung bedarf), dafs eine tropfbare Flüssigkeit von einem Gase gleich viel Mafse ver-

schluckt, die Temperatur sey, welche sie wolle. Mit der Temperaturerhöhung wird die Elasticität des Gases vermehrt; ist dieses auf eine solche Art eingeschlossen, dafs es sich ausdehnen, und seine Elasticität mit dem Luftdruck ins Gleichgewicht setzen kann; so wird die tropfbare Flüssigkeit von dem durch Wärme ausgedehnten Gase soviel Mafse verschlucken, wie zuvor vom kalten; ist aber das Gas, welches man erhitzt, durch genaues Einschliefsen in ein Gefäfs an aller Ausdehnung gehindert, so werden auch von diesem dicht gebliebenen Gase gleich viel Mafse und zugleich dasselbe Gewicht verschluckt, wie vom kalten Gase.

Ein anderes ist es, wenn man die Temperatur einer tropfbaren Flüssigkeit, z. B. des Wassers, welche mit einem Gase verbunden ist, bis zu ihrem Siedepunkte erhöht. Hier treibt der gebildete Wasserdampf von der Oberfläche des Wassers den Theil des Gases weg, welcher nicht verschluckt wurde, und dessen Druck auf den verschluckten Theil diesen im Wasser zurückhielt. Da nun nach DALTONS Theorie[1] sich blofs die Kügelchen einer und derselben elastischen Flüssigkeit zurückstofsen, aber verschiedenartige elastische Flüssigkeiten sich gegen einander fast wie leere Räume verhalten; so ist durch die Bildung des Wasserdampfes ungefähr dasselbe bewirkt, wie durch die Luftpumpe, nämlich das äufsere Gas entfernt, und das im Wasser enthaltene Gas entwickelt sich jetzt vermöge seiner Elasticität, um sich gleichförmig sowohl in Wasser, als im Wasserdampf zu verbreiten; indem nun letzterer bei fortgesetztem Kochen nebst dem ausgetretenen Gase immer fortgeführt wird, so erneuert sich die Entwickelung des noch im Wasser enthaltenen Gases, bis nur noch eine Spur davon zurückgeblieben ist.

Gleich dem Wasserdampfe wirkt nach DALTON auch jede andere fremdartige elastische Flüssigkeit. Mit kohlensaurem Gas gesättigtes Wasser, mit Sauerstoffgas in Berührung gebracht, entwickelt, wie im luftleeren Raume, so lange kohlensaures Gas, bis dieses in und aufser dem Wasser dieselbe Ausdehnung besitzt; zugleich drückt sich vom Sauerstoffgas soviel in das Wasser hinein, dafs die Dichtigkeit des

---

1 S. *Gas.*

ins Wasser getretenen Sauerstoffgases $\frac{1}{27}$ beträgt von der Dichtigkeit des aufserhalb bleibenden. Auf dieser Ansicht beruht die oben entwickelte Formel für die Absorption von Gasgemengen.

Die Verbindungen der tropfbaren Flüssigkeiten mit solchen Gasen, von denen sie mehr als ihren gleichen Umfang aufnehmen, sieht Dalton als gemischte, d. h. als chemische und mechanische zugleich an, worin ein grofser Theil des Gases inniger, chemisch gebunden sey, mit gröfserer Verdichtung und schwieriger trennbar, ein anderer Theil loser, mechanisch, durch Verminderung des Luftdrucks, durch Temperaturerhöhung u. s. w. abscheidbar.

So sehr manche Erscheinungen für die Daltonsche Ansicht sprechen, nach welcher viele Verbindungen tropfbarer Flüssigkeiten mit elastischer als mechanische zu betrachten sind, so halten dennoch die meisten Physiker und Chemiker alle diese Verbindungen für chemisch und vorzüglich haben Berthollet, v. Humboldt, Gay-Lüssac, Saussüre, Thomson und Murray diese chemische Ansicht gegen Dalton in Schutz genommen. Für diese sprechen folgende Gründe:

1. Mag Wasser nebst den übrigen tropfbaren Flüssigkeiten im atomistischen Sinne auch als poros gelten, so ist doch zu bezweifeln, dafs seine Poren von der Art sind, dafs sie die Atome eines Gases aufnehmen können. Wenigstens sehen wir, dafs jeder feste Körper, welcher vollkommen klar erscheint, wie Glas, auch vollkommen luftdicht ist, und es ist daher mit Wahrscheinlichkeit auch von den tropfbar flüssigen Körpern anzunehmen, dafs sie nur dann für gasförmige Stoffe durchgänglich sind, wenn diese in chemische Verbindung mit ihnen treten. Auf keinen Fall ist die von Dalton aufgestellte Vergleichung des gleichartig erscheinenden Wassers mit irdenem Zeug, in welchem schon das Auge die Poren entdeckt, zulässig.

2. Wenn sich im ausgekochten Wasser leere Räume befinden, die von den Atomen der Gase erfüllt werden können, so müfste wie von Humboldt und Gay-Lüssac bemerken, diese Erfüllung augenblicklich erfolgen, wäh-

rend die Absorption, besonders wenn nicht geschüttelt wird, einer beträchtlichen Zeit bedarf.

3. Wenn die Absorption bloſs darin besteht, daſs die Poren der tropfbaren Flüssigkeit mit den Atomen der Gase gefüllt werden, so müſste sie ihren vorigen Umfang behalten; allein jedesmal erfolgt hierbei Ausdehnung der Flüssigkeit, (nur bei den im sehr geringem Grade absorbirbaren Gasarten läſst sich dieses nicht darthun) oder mit andern Worten, das specifische Gewicht der Flüssigkeit nimmt nicht in dem Maſse zu, als es sollte, wenn wir uns vorstellen, es sey zu einem gewissen absoluten Gewichte derselben, ohne alle Ausdehnung, ein gewisses Gewicht des Gases getreten. Diese Einwendung ist Dalton von Gay-Lüssac und von Humboldt, von Saussüre, Thomson u. A. gemacht worden.

4. Bei der Absorption der Gasarten, namentlich des kohlensauren Gases, zeigt sich eine Temperaturerhöhung. Diese ist nach Thomson nicht erklärbar, wenn man mit Dalton annimmt, die Gase treten mit Beibehaltung ihres elastischen Zustandes in die Poren des Liquidums. Diese Wärmeentwickelung ist nach der mechanischen Erklärung um so auffallender, da sie mit Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeit verbunden ist, aber leicht erklärlich, wenn man die chemische Ansicht zum Grunde legt.

5. Die verschiedene Menge, welche a. einerlei tropfbare Flüssigkeit von verschiedenen Gasen und b. verschiedene tropfbare Flüssigkeiten von demselben Gase aufnehmen, macht es wahrscheinlich, daſs der Grund der Absorption in der Affinität liegt.

a. Dalton findet selbst die gröſste Schwierigkeit seiner mechanischen Hypothese darin, daſs verschiedene Gasarten ein verschiedenes Gesetz befolgen; oder zu verschiedenen Maſsen von einerlei tropfbarer Flüssigkeit, wie vom Wasser, verschluckt werden. Früher glaubte er diese Verschiedenheit von der verschiedenen Gröſse und Zahl der Atome der Gase ableiten zu können, und zwar so, daſs die Gasarten, deren Atome wenigere und leichtere seyen, am wenigsten verschluckbar wären; doch

machten ihm spätere Versuche diese Vermuthung unwahrscheinlich.

In der That, wie man auch die Zahl und Gröfse der Atome in den Gasarten annehmen mag, so findet sich hierzwischen und zwischen den gefundenen Absorptionsgröfsen kein Zusammenhang. Wird z. B. angenommen, alle Gase enthielten bei gleichem Mafse gleichviel Atome; so würde die relative Gröfse der Letztern dem specifischen Gewichte der Gase entsprechen, und man müfste dann ein Verhältnifs finden zwischen dem specifischen Gewichte und der Absorbirbarkeit der Gasarten. Allerdings zeigen sich dann viele specifisch schwerere Gase reichlicher oder wenigstens schneller verschluckbar, als specifisch leichtere, wie auch Saussüre dieses Gesetz aufstellte. Doch finden sich zuviel Ausnahmen, als dafs man hierauf etwas bauen könnte; denn das Wasser nimmt mehr hydrothionsaures Gas auf, als kohlensaures, mehr Salpetergas als Sauerstoffgas u. s. w., also mehr vom leichteren als vom schwereren Gase, und so zeigen sich auch sehr verschiedene Absorptionsgröfsen bei einerlei specifischem Gewichte, ölerzeugendes Gas, Salpetergas und Kohlenoxydgas) und gleiche Absorptionsgröfsen bei sehr verschiedenen specifischem Gewichte (Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas); eben so wenig finden wir Uebereinstimmung zwischen Absorptionsgröfse und Zahl und Gröfse der Gasatome, wenn wir mit Prout festsetzen, bei gleichem Umfange enthalte das Wasserstoffgas, Stickgas, Kohlenoxydgas kohlensaure Gas, hydrothionsaure Gas und Stickoxydulgas $\frac{1}{2}$ so viel und das Stickoxydgas $\frac{1}{4}$ soviel Atome als das Sauerstoffgas. Dann wäre nämlich das Atomgewicht des Sauerstoffs auf 8, das des Wasserstoffs auf 1, des Stickstoffs und des Kohlenoxyds auf 14, der Kohlensäure und des Stickoxyduls auf 22, der Hydrothionsäure auf 17 und des Stickoxyds auf 30 zu setzen, Zahlen, welche mit den Absorptionsgröfsen noch weniger im Verhältnifs stehen, als die specifischen Gewichte. Sehen wir blos auf die Zahl der Atome und nicht auf ihre Gröfse, und nehmen hierbei die eben erwähnte Proutische Abtheilung der Gasarten in 3 Classen von einfach, doppelt, und vierfach ausgedehnten Gasen als die wahrscheinlichste an; so zeigt sich auch hier

keine Uebereinstimmung mit der Absorptionsgröfse, da zu derselben Classe gehörige Gasarten, z. B. Wasserstoffgas und kohlensaures eine so höchst verschiedene Absorbirbarkeit zeigen. Die Sache mit *Dalton* ganz atomistisch betrachtet, müfste man überhaupt anzunehmen haben, dafs wenn eine Pore des Wassers im Stande ist, ein Atom Kohlensäure aufzunehmen, dessen Gröfse 22mal beträchtlicher ist, als die eines Atomes Wasserstoff, dieselbe Pore 22 Atome Wasserstoff müsse aufnehmen können; dieses mag zwar durch die Repulsion der Gastheile des Wasserstoffgases verhindert werden, immer aber führt eine solche rein mechanische Betrachtung auf den Schlufs, der der Erfahrung gänzlich widerspricht: Gasarten, deren Atome kleiner sind, müfsten reichlicher absorbirt werden, als Gasarten mit gröfseren Atomen.

Diese Schwierigkeiten fallen weg, sobald wir diese Verbindungen als chemische betrachten, und annehmen, die Absorptionsgröfse der Gasarten stehe im Verhältnifs 1. mit der verschieden grofsen Affinität der tropfbaren Flüssigkeit zum Gase und 2. mit der verschiedenen leichten Verdichtbarkeit des Gases. Wir sehen, dafs saure und alkalische Gase im gröfsten Verhältnifs vom Wasser verschluckt werden, so wie überhaupt Säuren und Alkalien vorzüglich grofse Affinität zum Wasser haben, dafs dagegen Gasarten, welche Suboxyde, nicht saure Wasserstoffverbindungen oder einfache Substanzen enthalten, in geringerem Mafse verschluckt werden, so wie auch das Wasser überhaupt nur wenige und schwache Verbindungen mit solchen Materien eingeht. Die neueren Versuche Davy's und Faraday's über die Verdichtbarkeit vieler Gasarten zu tropfbaren Flüssigkeiten durch verstärkten äufsern Druck, zeigen auf das Klarste, welchen grofsen Einflufs auf die Verschluckbarkeit der Gasarten zugleich ihre verschieden leichte Verdichtbarkeit ausübt. Wasserstoffgas, Sauerstoffgas und Stickgas, welche nicht zu einem Liquidum verdichtet werden können, werden in besonders geringer Menge verschluckt; dafs die schwächere Hydrothionsäure reichlicher vom Wasser verschluckt wird, als die stärkere Kohlensäure hängt ohne Zweifel damit zusammen, dafs erstere bey 0° C. schon durch den 16fachen

Luftdruck verdichtet wird, letztere aber hiezu den 36fachen nöthig hat; das Chlorgas bedarf bey derselben Temperatur nicht des vierfachen Luftdrucks, und dieses erklärt, warum dieses einfache, also wohl mit geringerer Affinität gegen das Wasser begabte Gas, dennoch in gröfserer Menge von demselben verschluckt wird, als viele andere Gase.

Wir dürfen also wohl annehmen, dafs jedes Gas um so reichlicher von tropfbaren Flüssigkeiten aufgenommen wird, je gröfser die Affinität zwischen beiden, und je leichter verdichtbar das Gas ist. Die tropfbare Flüssigkeit bewirkt vermöge ihrer Affinität dasselbe, was bei den Versuchen von Davy und Faraday durch verstärkten Druck hervorgebracht wurde, nämlich Verdichtung der Gase. Hat sich eine tropfbare Flüssigkeit mit einem Gase gesättigt, so ist der Punct eingetreten, wo die Elasticität des übrigen Gases der Affinität des Wassers das Gleichgewicht hält. Dieser chemischen Ansicht ist das *Henrysche Gesetz* von der gleich starken Absorption dem Mafse nach, der äufsere Druck, unter welchem das Gas steht, sey welcher er wolle, nicht zuwider, denn je ausgedehnter ein Gas, je weniger also der äufsere Druck der Condensation des Gases zu Hülfe kommt, eine desto kleinere Menge Gas wird dem Gewichte nach verdichtet werden, und umgekehrt. Man kann mit Berthollet sagen, da die Elasticität ein Hindernifs der Affinität ist, welche zwischen Wasser und Gas statt findet, so hat man sich zu denken, dafs die Auflösung derjenigen Ursache proportional ist, welche die Wirkung der Elasticität vermindert, oder der Compression, die das Gas erleidet.

b. Verschiedene tropfbare Flüssigkeiten verschlucken die Gase in verschiedener Menge. Nach der mechanischen Ansicht Daltons, wenn man sie auf die oben mitgetheilten Saussürsche Tabellen anwendet, müfste man annehmen, die Poren des Weingeistes vermöchten mehr von jedem Gas zu fassen, als die des Wassers, noch mehr die des Steinöls, noch mehr die des Lavendelöls. Allein vom ölerzeugenden Gas verschluckt umgekehrt das Steinöl mehr, als das Lavendelöl; während der Weingeist von hydrothionsaurem, kohlensaurem und Stickoxydulgas ungefähr zweimal soviel aufnimmt, als das Wasser, so nimmt

er vom ölerzeugenden Gase gegen 8mal soviel auf. Alles dieses ist leicht erklärlich, wenn man die verschiedenen Absorptionsgröfsen nicht von der verschiedenen Weite der Poren, sondern von der verschieden grofsen Affinität ableitet.

6. Wenn die chemische Ansicht die richtige wäre, so müfste sich, wie Dalton meint, immer ein Atom des Gases mit einem Atom der Flüssigkeit verbinden, es müfsten demzufolge 9 Gewichtstheile Wasser 22 Gewichtstheile Kohlensäure verschlucken. Diese Folgerung ist gewifs zu rasch. Die meisten Salze lösen sich im Wasser nicht nach solchen stöchiometrischen Verhältnissen auf; bey Gyps und andern schwer löslichen Salzen kommt ein Atom Salz auf viele 100 und 1000 Atome Wasser. Dieses Verhältnifs ändert sich nach der Temperatur, so dafs eine Erhöhung derselben meistens eine vergröfserte Löslichkeit zu Wege bringt. Die Ursache dieser geringen Löslichkeit vieler Salze wird in ihre Cohäsion gesetzt. Eben so ist die Ursache der geringen Löslichkeit vieler Gasarten im Wasser in ihrer Elasticität zu suchen, und es läfst sich wohl allgemein der Grundsatz aussprechen, dafs die chemische Verbindung zwischen 2 Stoffen, deren wechselseitige Affinität gering ist, und welcher Verbindung die Cohäsion oder Elasticität des einen dieser Stoffe entgegen wirkt, nie den stöchiometrischen Gesetzen folgt, und nach äufsern Umständen, welche auf Cohäsion und Elasticität einfliefsen, veränderlich ist.

7. Nach der Daltonschen Ansicht müfsten bei fortgesetztem Auspumpen die blofs mechanisch im Wasser enthaltenen Gase vollständig entweichen, indem sie nach dieser blofs durch das von aufsen drückende Gas im Wasser zurückgehalten werden. Allein die Erfahrung lehrt, dafs bei wiederholtem Auspumpen und selbst beim Auskochen in der torricellischen Leere eine kleine Menge von Gas im Wasser zurückbleibt, welche beträchtlicher zu seyn scheint, als dafs sie blofs von der Unvollkommenheit des luftleeren Raumes abgeleitet werden könnte. Nach der chemischen Ansicht ist ein Theil des Gases zu innig gebunden, als dafs er der Elasticität folgen sollte.

8. Bei der Erklärung, wie fortgesetztes Sieden aus dem Wasser ein Gas z. B. die Luft austreibe, geräth DALTON in offenbaren Widerspruch mit sich selbst. Der erzeugte Dampf soll nämlich nach ihm die Luft von der Oberfläche des Wassers entfernen, so daſs jetzt die im Wasser enthaltene Luft nicht mehr von der äuſsern gedrückt wird, und, da der Wasserdampf gleichsam ein Vacuum für die Luft ist, frei entweichen kann. Allein: Entweder treibt der Wasserdampf die Luft von der Oberfläche des Wassers hinweg (was der Wahrheit gemäſs ist); dann übt er also einen Druck auf die äuſsere Luft aus (der Daltonschen Theorie zuwider), und wird denselben auch auf die im Wasser enthaltene Luft ausüben; — oder, wenn er Letztere nicht drücken soll, so kann er auch nicht im Stande seyn, die äuſsere Luft von der Oberfläche des Wassers hinwegzudrücken. — Die Thatsache, daſs das Wasser durch langes Kochen am besten von absorbirten Gasarten befreit wird, ist aus der Annahme erklärlich, daſs die mechanische Anziehung der Atome des Wasserdampfes zu den Gasatomen der schon durch die Hitze vergröſserten Elasticität des Gases zu Hülfe kommt, welche beide Umstände allmälich die Affinität des Gases zum Wasser zu überwinden scheinen, indem mit jeder neuen Menge Wasserdampf ein kleiner Antheil Gas fortgeführt wird.
9. DALTON hat selbst das Unzulängliche seiner Ansichten über die elastischen Flüssigkeiten eingesehen und sie zum Theil geändert[1]; doch auch seine späteren Ansichten sind fast noch wichtigern Vorwürfen ausgesetzt. s. *Atmosphäre* und *Gas.*

---

1) Neues System I. 210.

Abhandlungen über die Absorption der Gasarten durch tropfbare Flüssigkeiten.

PRIESTLEY in Americ. Trans. V. 21.
Derselbe in seinen exper. and observ. relating to the analysis of atmosph. air Philadelphia 1797; Daraus in Crell Ann. 1798. I. 40.
CAVENDISH in Philos. Trans. LVI. 161.
BERGER in Journ. de Phys. LVII. 5. Daraus in G. XX. 168.

II. Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch feste Körper.

Hieher gehören

1. Verschluckung des Sauerstoffgases durch Boron, durch nicht geschmolzenen Phosphor und nicht geschmolzene Metalle, Phosphormetalle, Schwefelmetalle u. s. w.; die des Chlorgases durch dieselben Substanzen, so wie durch Schwefel, Selen und Jod; Absorption des Phosphor-Schwefel-Selen- und Jod-Dampfs, vorzüglich durch Metalle; Absorption des Ammoniakgases durch starre Säuren, so wie der sauren Gasarten durch starre Salzbasen; Absorption des Wasserdampfs durch starre Säuren, Salzbasen, Salze und andre Körper, welche einer ausgemacht chemischen Verbindung mit Wasser fähig sind. — Alle diese Arten von Absorption, als rein chemisch, bedürfen an diesem Orte keiner weitern Betrachtung.

2. Verschluckung der Gasarten und verschiedener Dämpfe durch Kohlen, steinige Substanzen und andere starre Körper, von welchen es nicht ausgemacht ist, ob sie durch chemische oder durch mechanische Kraft die Verdichtung der

---

Dalton in Memoir of litt. and philos. Soc. of Manchester. Second series I. 284. und V. 11. Daraus in G. XXVIII. 397.

Derselbe a System of chemical philosophy I. 198. — Neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft übers. von Wolff I. 219.

Derselbe in Thomson Annals of Philosophy VII. 215, daraus im Auszuge in Schweig. XVII. 160.

Henry in Nicholsons Journal VI. 229. und VIII. 298. auch in Philos. Trans. 1803. p. 29. u. 274; der erste Theil in G. XX. 147.

von Humboldt und Gay-Lüssac in J. de Ph. LX. 129. Daraus in G. XX. 129.

Berthollet in Ann. de Chemie LIII. 239; auch in G. XX. 166.

De Marty in Ann. de Chemie LXI. 271. Daraus in G. XXVIII. 417; auch in Gehlen für Chemie und Phys. B. IV. 141.

Carradori in Annali di Storia naturale di Pavia V. 12. u. 15.

Derselbe in J. de Ph. LXII. 473, daraus in G. XXVIII. 413.

Derselbe in Brugnatelli Giorn. VI. 333.

Theod. de Saussure in Bib. Brit. daraus in G. XLVII. 163.

Thomson in seinem Système de Chemie trad. par Riffault sur la 5me ed. III. 61.

Ruhland in Schweig. J. XVI. 180.

elastischen Flüssigkeiten bewirken. Diese letztere Classe von Erscheinungen, vielleicht durch Adhäsion bewirkt, und deshalb in das Gebiet der Physik gehörig, soll hier weiter erörtert werden. Von allen diesen Absorptionen sind die durch die Kohlen hervorgebrachten am vollständigsten untersucht, und mögen hier zuerst betrachtet werden.

A. Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch Kohle.

a. Absorption der Gasarten durch Kohle.

Scheele[1] und Fontana[2] entdeckten das Vermögen der Kohle, eine gewisse Menge Luft vollständig zu verschlucken, und die Versuche des Letztern wurden von Priestley[3], Saluzzo[4] und Morveau[5] bestätigt.

Um die Menge des Gases zu finden, welche eine gewisse Menge Kohle zu absorbiren vermag, mufs diese zuerst von allem demjenigen Gase befreit werden, welches sie, sobald sie der Luft ausgesetzt worden war, verschluckt enthält. Dieses geschieht entweder durch Auspumpen unter der Luftpumpe, oder durch Glühen in einem eingeschlossenen Raume. Die durch Glühen vom Gas befreite Kohle verschluckt immer etwas gröfsere Mengen Gas, als die mittelst der Luftpumpe entleerte, ein Beweis, dafs diese letztere Art der Entleerung, vielleicht wegen der Unvollkommenheit des Guerickschen Vacuums minder vollständig ist. Hiebei fand Saussüre noch den Unterschied, dafs die frischgeglühte und dann der Luft ausgesetzt gewesene Kohle nach dem Auspumpen zwar auch weniger, als die geglühte Kohle, aber doch mehr Gas verschluckt als die gemeine, längere Zeit der

1 Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer 1777. §. 96.

2 Gewöhnlich wird Fontana als der einzige Entdecker angesehen; doch möchte schwer zu entscheiden seyn, wem die Priorität der Entdeckung zukömmt.

3 J. de Ph. XIII. 128.

4 Memoires de l'Académie des Sciences à Turin pour les ann. 1786. 1787.

5 Gazette salutaire 1782. Mai.

Luft ausgesetzt gewesene und dann ausgepumpte Kohle, weil letztere nach dem Auspumpen noch etwas Feuchtigkeit zurückhält. Die auf eine dieser Weisen von ihrem Gas befreite Kohle wird mit dem zu untersuchenden Gase so zusammengebracht, dafs sie nicht vorher mit der freien Luft oder einem andern Gase in Berührung kommt. Zu wenig beachtet wurde bis jetzt bey diesen Untersuchungen der Feuchtigkeitszustand der Gasarten, die oft sogar über Wasser sich befanden, so dafs die absorbirende Kraft der Kohlen für die Gasarten durch die Aufnahme von Wasserdampf beträchtlich geändert werden mufste. Blofs künstlich getrocknete Gasarten hätten über Quecksilber der Kohle dargeboten werden müssen.

Die einzelnen Methoden sind folgende:

1. Saussüre bringt die Kohle in einen Recipienten, der mittelst Talgs auf dem Teller der Luftpumpe schliefst, pumpt aus, bringt dann den Recipienten nebst dem Teller, dessen Hahn verschlossen ist, unter Quecksilber, öffnet den Hahn und bringt dann die Kohlen in das mit einem Gase gefüllte, über Quecksilber befindliche Gefäfs. Auch kann man nach ihm die Glocke mit der Kohle in eine mit Quecksilber gefüllte Schale setzen, diese unter der gröfsern Glocke der Luftpumpe exantliren, dann öffnen, wo sich die kleine Glocke mit dem Quecksilber der Schale füllt, und mit dieser unter das Quecksilber der pneumatischen Wanne gebracht werden kann; allein hier ist die Entleerung minder vollständig, weil der Druck des Quecksilbers dem Auspumpen entgegen wirkt.
2. Fontana, Delametherie, Parrot und Grindel, Vogel, Saussüre u. A. bringen die gut ausgeglühte Kohle noch glühend schnell unter Quecksilber, und lassen sie von hier aus in die mit dem Gase gefüllte Röhre aufsteigen. Hier dringt während des Abkühlens etwas Quecksilber in die Poren der Kohle, wodurch allerdings ihre absorbirende Kraft etwas vermindert werden kann; doch beträgt dieses Quecksilber nach Saussure so wenig, dafs die Kohle specifisch leichter bleibt, als Wasser.
3. Vogel füllt das Kohlenpulver in einen Flintenlauf, der am einen Ende zugeschweifst, am andern mit einer mes-

singenen Schraube mit Hahn und Gasentwickelungsröhre versehen ist. Er glüht das verschlossene Ende des Flintenlaufes, in welchem sich die Kohle befindet, in einem stark ziehenden Windofen 2 Stunden lang, verschliefst dann den Hahn, läfst erkalten, bringt die Gasentwickelungsröhre in eine mit Wasser gesperrte, das zu untersuchende Gas enthaltende, Glocke und öffnet den Hahn. Hier tritt zuerst eine gewisse Menge vom Gas augenblicklich in den Flintenlauf, um den durch das Glühen entstandenen leeren Raum zu füllen, (bei dem von Vogel angewandten, 10 Cubikzoll haltenden, Flintenlauf betrug dessen Menge gegen 4,5 Cubikzoll) und hierauf erfolgt erst allmälig die Absorption; das im Anfang rasch eintretende Gas wird natürlich nicht zum Absorbirten gerechnet.

4. Morozzo bediente sich anfangs eines 3 Zoll tiefen, oben 2, unten 1 Zoll weiten messingenen Trichters, welcher oben durch einen eingeschmirgelten Kegel luftdicht verschliefsbar ist, und unten mit einem kleinen hohlen Cylinder, dann mittelst eines Hahnes mit der mit dem Gas gefüllten, in Quecksilber tauchenden, Glasröhre in Verbindung steht. Man hebt den Kegel in die Höhe, bringt die glühende Kohle in den Cylinder, läfst den Kegel wieder herunter, und öffnet den Hahn, so dafs die Kohle mit dem Gase der Röhre in Berührung tritt. Morozzo fand, dafs der Kegel wegen hineinfallender Kohlen und Aschentheilchen bald nicht mehr luftdicht schliefst.

5. Der spätere Apparat von Marozzo besteht aus einer Glasröhre AB, 3,5 Linien weit, 18 Zoll hoch, unten offen und mit Wasser oder Quecksilber sperrbar, das sich im Napf J J befindet, oben an einen stählernen Hahn CD gekittet, den man mittelst des Schlüssels C öffnen und schliefsen kann. An den Hahn CD ist ein gröfserer, E gelöthet, von 1,5 Z. Durchmesser und fast 3'' Länge. Mittelst der Kurbel FF wird der Schlüssel des Hahns umgedreht.

Fig. 9, 10 u. 11.

Dieser Schlüssel hat ein Loch G, 1 Z. 3 L. tief, und 6 L. weit, welches zur Aufnahme der Kohle dient. Der Hahn E ist in eine Fassung von Holz eingeschlossen, und bleibt mittelst

der Schraubenmutter H, die hinter der Fassung auf das Ende des Hahns E. geschroben wird, befestigt. Die Fassung MMM hält das Instrument lothrecht; NN sind Untersätze, um die Schale JJ höher heben zu können; OO ist eine Skale — auf Holz, in Zolle und Linien getheilt, durch die Schraube ohne Ende P beweglich gemacht, so dafs sie auf das Niveau des Quecksilbers in der Schale gestellt werden kann. Beim Gebrauche füllt man die Röhre AB beim geschlossenen Hahne CD mit Wasser, oder besser mit Quecksilber, dann mit dem zu untersuchenden Gase ganz voll, bringt sie dann in die Schale JJ, zieht mittelst einer Sprütze soviel Gas aus der Röhre, dafs das Niveau in und aufser der Röhre gleich ist. Dann macht man eine 36 Grain schwere Kohle glühend, bringt sie in die Höhlung G des Schlüssels vom Hahn E, dreht diesen um, öffnet dann den Hahn CD und beobachtet, wie hoch das Quecksilber in der Röhre steigt. Da ein Theil des zuerst eintretenden Gases blofs dazu dient, den leeren Raum auszufüllen, der in der Höhlung G durch die heifse Kohle entstanden ist, *so suchte* Morozzo die Menge dieses Gases zu bestimmen, indem er in die Höhlung G einen glühendem *Bimsstein* von gleichem Umfange mit der Kohle brachte, und dann den Hahn CD öffnete, wobei das Quecksilber um 1 Zoll stieg. Dieser 1 Zoll mufste also stets von der totalen Absorption abgezogen werden.

6. Rouppe und van Noorden bedienten sich einer Büchse von Kupfer mit langem eisernen Stiel und hölzernem Griffe versehen, und durch einen ebenfalls mit Stiel versehenen Deckel, der sich aufschrauben läfst, verschliefsbar. Dieser Deckel ist mit einem Hahn und kegelförmigem Ende versehen, welches luftdicht in eine trichterförmige Kupferhülse pafst, welche auf eine graduirte Glasglocke aufgekittet ist. Man füllt die Büchse mit kleinen Stücken stark glühender Kohlen, schraubt den Deckel auf, kühlt das Gefäfs im Wasser ab, setzt die Büchse mit dem kegelförmigen Ende des Deckels in die Hülse der mit Wasser gefüllten Glasglocke, läfst dann ein Gas in Letztere treten, öffnet den Hahn und bestimmt die Absorption. Die Glocke hielt 110 Würfelzoll, die Büchse 25, und der

Umfang der hineingebrachten Kohlen betrug 16 bis 17 Würfelzoll.

Die Methoden 3 — 6 haben das Ueble, dafs sich die Luft nicht völlig aus dem Apparat entfernen läfst; auch sind bei 3 und 6 die Gase durch Wasser gesperrt, welches von der Kohle zum Theil absorbirt wird, und so auf die Absorption Einflufs hat.

Die Menge, worin die Gase verschluckt werden, hängt ab: 1. Von der Natur der Gase. 2. Von der Natur der Kohle. 3. Von dem äufsern Druck. 4. Von der Temperatur. 5. Von der Beimengung anderer Gase. 6. Von der Gegenwart anderer nicht gasförmiger Materien in der Kohle.

Zu 1. Nach Saussüre verschluckt 1 Mafs ganze Buchsbaumkohle bei 11 bis 13° C. und bei 0,724 Meter Luftdruck

	bei Methode 2		bei Methode 1.
Ammoniakgas	90	Mafse -	
Salzsaures Gas	85	—	
Schwefligsaures Gas . .	65	—	
Hydrothionsaures Gas .	55	—	
Stickoxydulgas . . .	40	—	
Kohlensaures Gas . . .	35	—	31,5
Oelerzeugendes Gas . .	35	—	
Kohlenoxydgas	9,42	—	
Sauerstoffgas	9,25	—	8,33
Stickgas	7,5	—	7,0
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas aus feuchter Kohle	5		
Wasserstoffgas	1,75.		

Vom Stickoxydgas nimmt die Kohle 38 Mafs auf, doch wird ein Theil des Gases zersetzt, so dafs dieses Resultat nicht mit den andern zusammengestellt werden darf.

Die wichtigsten Resultate der von den übrigen Physikern angestellten Versuche sind folgende:

Nach *Fontana* nimmt die Kohle vom Stickgas und Wasserstoffgas kaum ihr gleiches Volumen auf. Die glühend unter Quecksilber gelöschte Kohle verschluckt nach Delametherie 12 Mafs kohlensaures Gas, 9 Stickoxydgas, 2 Wasserstoffgas und 2 Stickgas. Morozzo fand, dafs bei der Me-

thode 2, wenn das Kohlenstück 1,5 Drachmen wog, und die das Gas enthaltende Glasröhre 1 Zoll weit und 12 Zoll hoch und ganz mit Gas gefüllt war, das Quecksilber nach vollendeter Absorption um folgende Höhen gestiegen war.

	Zoll.	Lin.
Salzsaures, Hydrothionsaures und kohlensaures Gas . .	11	—
Schwefligsaures Gas (aus Vitriolöl und Fett) . .	5	6
Stickoxydgas	6	10
Sauerstoffgas	2	2
Wasserstoffgas	2	1.

Bei der Methode 5. Bei Anwendung 30 Grain schwerer Kohlenstücke und einer 3,5 Linien weiten, 18 Zoll hohen Glasröhre wurden 16 Z. 6 L. kohlensaures, 8 Z. 6 L. Sauerstoffgas und 3 Z. 1 L. Wasserstoffgas absorbirt.

Rouppe und van Noorden fanden mittelst der Methode 6, dafs 16 — 17 Würfelzoll Kohle aufnehmen

	gleich nach der ersten Oeffnung	in 4 — 5 Stunden
Kohlensaures Gas .	230 Würfelzoll	
Salpetergas . . .	—	136 Würfelzoll.
Sauerstoffgas . . .	30	46 —
Stickgas	27	27 —
Wasserstoffgas . .	29 bis 31	29 bis 31.

Nach der Methode 2 fanden Parrot und Grindel, dsfs ein Mafs gröblich verkleinerter Kohle verschluckt: 20 Mafs kohlensaures, 5 Mafs Sauerstoffgas, 4 Mafs Stickgas und gar kein Wasserstoffgas.

Zu 2. Hinsichtlich der Natur der Kohle findet theils der Unterschied statt, ob sie im ganzen oder im zerpulverten Zustande angewandt wird, theils der ihrer Abkunft und Bereitung.

Nach Saussüres Versuchen verliert die Kohle durch Pulvern an absorbirendem Vermögen. Eine Buchsbaumkohle, 2,94 Grammen schwer, 4,92 Würfel-Centimeter im Umfang, durch die Luftpumpe luftleer gemacht, verschluckt 35,5 Würfel-Centimeter oder ihren 7,25fachen Umfang atmosphärische Luft. Wird dieselbe zu einem unfühlbaren Staub zerrieben, in einer Glasröhre, die an beiden Enden mit Gaze verschlossen ist, exantlirt, so verschluckt sie nur

20,8 Würfel-Centimeter Luft, 4,25 mal so viel, als sie im festen Zustande an Umfang hatte; da sie aber nach dem Pulvern einen Raum von 7,3 Würfel-Centimeter einnimmt, so ist hiernach der Umfang der verschluckten Luft nur der 3fache. Also scheint die Absorption durch Zerstörung, Oeffnung und Erweiterung der Kohlenzellen verringert zu werden; sie scheint in umgekehrtem Verhältnisse mit dem innern Durchmesser der Röhren oder Zellen der Kohle zu stehen.

Diesen Schlufs macht Saussüre noch wahrscheinlicher durch Vergleichung verschiedener Kohlenarten, wo sich findet, dafs das absorbirende Vermögen mit dem specifischen Gewichte der Kohlen, also mit der Feinheit ihrer Zellen bis zu einem gewissen Puncte zunimmt.

Es absorbirt 1 Mafs von	spec. Gewicht.	Mafse Luft.
Kohle von Kork . .	0,1	fast 0
Kohle der Tanne . .	0,4	4,5
Kohle des Buchsbaums .	0,6	7,5
Steinkohle vom Rufiberg	1,326	10,5

Noch dichtere Kohlen, namentlich die durch Hindurchtreiben flüchtiger Oele durch glühende Röhren erzeugt, und das Reisblei — verschlucken, vielleicht wegen der zu grofsen Enge ihrer Poren, gar kein Gas, auch das Reisblei nicht nach dem Pulvern, wahrscheinlich, weil die so erhaltenen Räume zu weit sind.

Morozzo erhielt bei Vergleichung der Kohlenarten folgende Resultate:

1. Während nach Obigem eine 1,5 Drachme schwere Holzkohle 11″ kohlensaures Gas, 6″ 10‴ Stickoxydulgas, 2″ 2‴ Sauerstoffgas und 2″ 1‴ Wasserstoffgas und 3″ 6‴ Luft verschluckte, so verschluckte geglühte Steinkohle von Toscana — von gleichem Umfange nur 8″ 8‴ kohlensaures Gas, 3″ 11‴ Stickoxydgas, 2″ Sauerstoffgas 1″ 1‴ Wasserstoffgas und 2″ 6‴ Luft. Die Steinkohle von Macon in Savoyen nahm von diesen Gasarten gegen 1 Zoll mehr auf, als die von Toscana.
2. In einer 0,5 Zoll weiten 12 Zoll langen Röhre verschluckt 0,5 Drachme Kohle nach Methode 2 an Luft

	in 1 Stunde.	in 24 Stunden
Kohle von Buche	2″ 3‴	2″ 4‴
Kohle von Weide	2 2,5	2 3,5
Kohle von Pappel	2 1,5	2 3,5
Kohle von Haselnuſs	1 11	2 —
Kohle von Weinrebe	1 1	1 8.

3. Nach noch andern Versuchen Morozzos nach Methode 5 verschlucken folgende Kohlen innerhalb 6 Stunden folgende Höhen von Luft:

Kohle von Rothbuchen - - - - - -	7″ 8‴
Kohle von Weidenzweigen ohne Rinde -	4 3
Kohle von Buxbaum - - - - - - - -	7 8
Kohle von Kork nur 3 Grain schwer -	0 9.

Zu 3. Schon Fontana zeigte, daſs wenn man in eine 35″ lange mit Luft gefüllte, und durch Quecksilber gesperrte Röhre, Kohle, steigen läſst, und die Röhre der wagerechten Lage nahe bringt, alle Luft verschluckt wird, die sich aber zum Theil wieder entwickelt, sobald man der Röhre eine senkrechte Stellung giebt.

Saussüre brachte Kohle, die beim gewöhnlichen Luftdruck mit einem Gase gesättigt war, in die Torricellische Leere, wo sich ein Theil des Gases aus der Kohle entwickelte nnd das Quecksilber herunterdrückte. Hier gab die Höhe des Quecksilbers den Druck an, unter welchem sich das frei gewordene Gas befand, und aus dem Raume desjenigen Theils der Röhre, der mit Gas gefüllt war, ergab sich der Umfang des freigewordenen Gases bei diesem Drucke. Zog er nun diesen Umfang von demjenigen ab, der alles bei gewöhnlichem Luftdruck von der Kohle absorbirte Gas unter diesem geringeren Drucke eingenommen hätte, so fand er den Umfang des verdünnten Gases, welches in der Kohle unter dem geringeren Drucke zurückgeblieben war. Will man den Versuch noch bei einem andern Luftdruck anstellen, so läſst man noch eine bestimmte Menge Gas in die Röhre steigen. So fand Saussüre, daſs 1 Maſs Kohle bei dem gewöhnlichen Luftdruck von 0,7343 Meter 34,5 Maſse kohlensaures Gas verschluckt, daſs sie dann unter einem Druck von 0,2606 Meter, wo sich die 34,5 zu 97,21 ausdehnen 28,16 Maſs des ausgedehnten Gases entwickelt,

also 69,05 desselben zurückbehält; ferner dafs die mit 34,5 Mafs koklensaurem Gas bei gewöhnlichem Druck gesättigte Kohle unter einem Druck von 0,4038 Meter, wo das Gas 62,74 Mafse einnehmen würde, 12,83 Mafs entwickelt, also 49,91 des ausgedehnten Gases zurückbehält. Versuche mit andern Gasarten gaben Saussüre ähnliche Resultate. Hieraus folgt, dafs die Kohle vom ausgedehnten Gase zwar immer ein geringeres Gewicht, aber doch ein gröfseres Volumen verschluckt, als vom verdichteten, und dafs also das hinsichtlich der Absorption der Gasarten durch Wasser aufgestellte *Henrysche Gesetz* bei der Kohle keine Anwendung findet.

Zu 4. Dafs die Kohle um so mehr Gas verschluckt, je niedriger die Temperatur ist, wird nicht nur von Rouppe und van Noorden ausdrücklich erwähnt, sondern geht schon aus der Betrachtung hervor, dafs die von der Kohle absorbirten Gase durch Erhitzen derselben wieder entwickelt werden.

Zu 5. Ueber das Verhalten der Kohle zu Gasgemengen, und über das Verhalten der mit einem Gase gesättigten Kohle zu einem zweiten, läfst sich nach Saussüre folgendes angeben:

Kommt die mit einem Gase gesättigte Kohle mit einem zweiten in Berührung, so entwickelt sie immer (wenn keine chemische Verbindung der Gase statt findet) einen Theil des ersteren, und nimmt einen Theil des letzteren auf. Hierbei wird der Gasumfang abnehmen und Wärmeentwickelung eintreten, wenn das zweite Gas (kohlensaures Gas) reichlicher verschluckbar ist, als das erste (Wasserstoffgas); im entgegengesetzten Falle erfolgt Vergröfserung des unabsorbirt bleibenden Gasgemenges und Erkältung. Das erste Gas wird immer um so vollständiger durch das zweite ausgetrieben, in je gröfserem Ueberschusse das letztere mit der Kohle in Berührung kommt, doch ist die Ausscheidung des erstern Gases in verschlossenen Gefäfsen nie vollständig.

Die Gegenwart des einen Gases in der Kohle begünstigt nach Saussüres Versuchen häufig die Absorption des andern. Mit Stickgas oder kohlensaurem Gas gesättigte Kohle, in Sauerstoffgas gebracht, behält mehr von den ersteren Gasarten bei sich, und verschluckt mehr an Sauerstoffgas, als es

der Fall seyn müfste, wenn man annähme, ein Theil der Kohle sättige sich hierbei mit dem einen Gase und der andere Theil mit dem andern. Aehnlich verhält sich die mit Sauerstoffgas gesättigte Kohle gegen Wasserstoffgas, und die mit Wasserstoffgas gesättigte gegen Stickgas, während das Stickgas die Absorption des kohlensauren nach Saussüre nicht zu befördern scheint. Das von Dalton für die Absorption gemengter Gasarten durch Wasser gegebene Gesetz findet daher hier keine Anwendung; doch ist es auch möglich, dafs die Abweichungen von demselben, die sich bei der Absorption durch Kohle finden, davon herrühren, dafs das Sauerstoffgas von der Kohle anhaltend verschluckt wird, und sich in Kohlensäure verwandelt, dafs in einigen Fällen der Versuch nicht lange genug dauerte, und endlich auch Beobachtungsfehler möglich sind.

1 Mafs Buxbaumkohle mit 9, 2 Mafs Sauerstoffgas gesättigt, und in 15,6 Mafs Wasserstoffgas gebracht, entwikkelt nach Saussüre, während das mit der Kohle in Berührung gesetzte Thermometer um 0°,5 C. fällt, 4,55 Mafs Sauerstoffgas und verschluckt dagegen 1,34 Wasserstoffgas. Wenden wir hierauf die bei der Verschluckung der Gasarten durch Wasser auseinandergesetze *Daltonsche Formel* an, und nehmen wir mit Saussüre an, 1 Mafs Buchsbaumkohle verschlucke 9,2 Mafs Sauerstoffgas und 1,75 Mafs Wasserstoffgas, so hätte die Kohle an Sauerstoffgas verschluckt behalten müssen: $9{,}2 . \frac{4{,}55}{18{,}81} = 2{,}23$ M. (während sie 4,65 M. zurückhielt) und von Wasserstoffgas hätte sie aufnehmen müssen: $1{,}75 . \frac{14{,}26}{18{,}81} = 1{,}38$ M. (während sie davon 1,34 Mafs verschluckte).

Brachte Saussüre dieselbe mit Sauerstoffgas gesättigte Kohle in 11 Mafs Wasserstoffgas, so wurden 3,12 Mafs Sauerstoffgas ausgetrieben und 0,76 M. Wasserstoffgas verschluckt; es blieben also in der Kohle 6,08 Mafs Sauerstoffgas. Nach der *Daltonschen Formel* müfste diese Kohle enthalten: $9{,}2 . \frac{3{,}12}{13{,}36} = 2{,}15$ Mafs Sauerstoffgas und $1{,}75 . \frac{10{,}24}{13{,}36} = 1{,}34$ Mafs Wasserstoffgas. Hier blieb also zu viel

Sauerstoffgas in der Kohle und sie nahm zu wenig Wasserstoffgas auf, vielleicht, weil der Versuch nicht lange genug dauerte.

1 Maſs Buxbaumkohle mit 1,75 Maſs Wasserstoffgas gesättigt, und in 20,45 Maſs Sauerstoffgas gebracht (welches 2 Procent Stickgas enthielt), absorbirte innerhalb 24 Stunden, wobei das damit in Berührung gesetzte Thermometer anfangs um 2°,5 C. stieg, 7,5 Maſs Sauerstoffgas und stieſs dafür 1 Maſs Wasserstoffgas aus, und behielt also 0,75 Maſs Wasserstoffgas. Nach der Daltonschen Formel hätte die Kohle $9{,}2 \cdot \frac{12{,}95}{13{,}95} = 8{,}54$ M. Sauerstoffgas absorbiren und $1{,}75 \cdot \frac{1{,}00}{13{,}95}$, $= 0{,}13$ Maſs Wasserstoffgas zurückhalten müssen. Vielleicht war auch hier der Versuch innerhalb der 24 Stunden noch nicht ganz beendigt.

1 Maſs Buxbaumkohle in 16 Maſs eines Gemenges gebracht, das aus $\frac{1}{3}$ Sauerstoffgas und $\frac{1}{3}$ Wasserstoffgas bestand, absorbirte 3 Maſs Sauerstoffgas und 1 Maſs Wasserstoffgas. Ersteres hätte nach Daltons Formel $9{,}2 \cdot \frac{2{,}33}{12} = 1{,}78$ Maſs und letzteres $1{,}75 \cdot \frac{9{,}66}{12} = 1{,}41$ betragen müssen.

1 Maſs Buxbaumkohle mit einem Gemenge von 8 Maſs Stickgas und 8 Maſs Wasserstoffgas in Berührung, verschluckt in 24 Stunden 3,5 Maſs Stickgas und 0,9 Maſs Wasserstoffgas, und es erfolgt bei 5 Wochen langem Zusammenstehen keine weitere Verdichtung. Die Absorption des ersteren hätte nach Daltons Formel $7{,}5 \cdot \frac{4{,}5}{11{,}6} = 2{,}9$ Maſs und die des Wasserstoffgases $1{,}75 \cdot \frac{7{,}1}{11{,}6} = 1{,}1$ Maſs betragen müssen.

Ueber das Verhalten der Kohle gegen die atmosphärische Luft sind von vielen Physikern Versuche angestellt worden. 1 Maſs Holzkohle verschluckt nach Fontana gegen 6 Maſs Luft, so daſs nichts übrig bleibt; nach Lametherie 6 bis 10 Maſs; nach Morozzo verschlucken 30 Grain Holzkohle nach Methode 5 bei Anwendung einer 18 Zoll hohen, mit Luft gefüllten, Glasröhre 7″ 6‴, wenn die Kohle zuvor geglüht, und 3″ wenn gewöhnliche Kohle entweder der Sonne ausgesetzt, oder bis zu 100° erhitzt worden war; nach

Rouppe und van Noorden nehmen 16 — 17 Würfelzoll Kohle nach Methode 6 nach der ersten Oeffnung 36, und dann noch weitere 12 Würfelzoll Luft auf; nach Parrot und Grindel absorbirt 1 Maſs Kohlpulver gegen 5 Maſs Luft; nach Vogel verschlucken nach Methode 3, 240 (oder vielmehr da beim Glühen derselben im Flintenlaufe 30 Gran zerstört werden, 210) Gran Fichtenkohle 7 Würfelzoll Luft; 90 Gran Kohle von Weinstein, mit Wasser und Salzsäure ausgezogen, verschlucken auf dieselbe Weise 4,5; 1 Unze Beinkohle 2,5 und 1 Unze Blutkohle 4,25 Würfelzoll Luft.

Bei dieser Einwirkung der Kohle auf die Luft wird immer verhältniſsweise mehr Sauerstoffgas als Stickgas verschluckt, so daſs bei einem gewissen Verhältniſs der Kohle zur Luft fast reines Stickgas übrig bleibt. Dieses ist durch die Versuche von Parrot und Grindel, von Vogel und von Saussüre auf das Bestimmteste dargethan und wenn Rouppe und van Noorden im Gegentheil fanden, daſs der nicht absorbirte Rückstand der Luft noch eben so reich an Sauerstoffgas war, wie die Luft vor dem Versuche, so rührt dies ohne Zweifel von ihrem Apparat 6 her, in welchem die freie Communication der Luft mit den Kohlen erschwert war, und letztere blos auf diejenigen Theile derselben wirken konnte, welche in den Kohlenbehälter eingedrungen waren. So fand auch Vogel, daſs bei Anwendung seiner Methode 3 aus demselben Grunde die in der Glasglocke rückständige Luft öfters nicht verschlechtert war, wohl aber die im Flintenlaufe befindliche.

Zu 6. Die Gegenwart von Wasser in der Kohle vermindert in den meisten Fällen die Absorption der Gase. Nach Saussüre nimmt befeuchtete Kohle die Gase in viel kleinerm Maſse und viel langsamer auf, als trockene. So verschluckt nach ihm 1 Maſs Buxbaumkohle unter Quecksilber gelöscht, erkaltet und dann schwach befeuchtet nur 15 Maſs kohlensaures Gas, und braucht hierzu statt 24 Stunden, 14 Tage. Ist die Kohle gänzlich von Wasser durchdrungen, und kommt sie so mit Sauerstoffgas, Stickgas oder kohlensaurem Gas in Berührung, so läſst sie nach Saussüre, während sie Gas aufnimmt, einen Theil des Wassers aus den Poren ausdrin-

gen. Dieser Behauptung steht jedoch hinsichtlich des Stickgases die von VOGEL entgegen, nach welcher Kohle, welche man entweder glühend in das Wasser getaucht, oder zuerst nach Methode 3 im Flintenlaufe geglüht, dann abgekühlt, dann durch Oeffnen des Hahns unter Wasser mit Wasser durchnäfst und endlich auf einen Filtrum gesammelt hat, durchaus kein Stickgas verschluckt, dagegen allerdings Sauerstoffgas, so dafs eine solche feuchte Kohle als eudiometrisches Mittel und zur Abscheidung eines reinen Stickgases aus der Luft dienen kann.

MOROZZO tränkte (wie es scheint, gewöhnliche) Holzkohle mit folgenden 4 Flüssigkeiten, wischte sie mit Fliefspapier ab, und brachte sie kalt in den Apparat 5; hier verschluckte die mit Schwefelsäure befeuchtete Kohle 9 Linien, die salpetersaure 4,5, die mit Kalilösung getränkte 3 und die mit Kalkwasser benetzte 1,5 Linien Luft, also hatten alle diese Flüssigkeiten die absorbirende Kraft der Kohle bedeutend geschwächt.

Die *Schnelligkeit* mit welcher die Absorption der Gasarten durch Kohlen erfolgt, hängt von denselben Umständen ab, wie die Menge und aufserdem noch von der Oberfläche, dem Bewegen u. s. w. Die trockene Kohle ist, wenn kein besonderer Umstand eintritt, nach SAUSSÜRE in 24 bis 36 Stunden völlig mit einem Gase gesättigt.

Bei dieser Absorption der Gase durch Kohle findet eine merkliche Wärmeentwickelung statt. Eine büchene Kohle 8 Centim. hoch, 4 Centim. dick erhitzt, während sie ein Gas absorbirt, ein in einer Höhlung derselben gestelltes Thermometer nach SAUSSÜRE um mehrere Grade. Die stärkste Erhitzung findet statt bei der Absorption des Ammoniakgases, eine schwächere, doch noch 14° C. betragend, beim kohlensauren Gas, eine noch schwächere beim Sauerstoffgas, und beim Wasserstoffgas endlich ist sie nicht mehr bemerklich.

Die meisten Gase scheinen, nachdem sie von der Kohle verschluckt sind, keine weitere Veränderung zu erleiden, und man kann sie deshalb, wie sich unten zeigen wird, durch geeignete Mittel wieder hiervon scheiden. Nur bei dem Sauerstoffgas kommt eine merkwürdige Ausnahme vor. Schon MOROZZO fand, dafs dieses Gas fortwährend von der Kohle

verschluckt wurde; als die erste Portion nach 8 Tagen verschwunden war, so liefs er eine zweite hinzu, welche ebenfalls verschwand. Indem er hiebei keine Entwickelung von kohlensaurem Gase wahrnahm, so schlofs er mit Unrecht, dafs keine Kohlensäure gebildet werde. Saussüre brachte 1 Mafs Buxbaumkohlen mit überschüssigem Sauerstoffgas zusammen; dieselbe hatte absorbirt: nach 24 Stunden 9,25 Mafse, nach 2 Monaten 11 M. nach 14 Monaten 13 M. und selbst nach 18 Monaten war die Absorption noch nicht beendigt. Das rückständige Gas war reines Sauerstoffgas. Wahrscheinlich wäre diese Verschluckung fortgegangen, bis 35 Mafse Sauerstoffgas aufgenommen worden wären; denn diese erzeugen 35 Mafs kohlensaures Gas, und so viel Mafse des letzteren Gases sind von 1 Mafs Kohle verschluckbar; dann erst würde sich freies kohlensaures Gas entwickelt haben; doch dazu wäre vielleicht eine lange Reihe von Jahren erforderlich gewesen. Um dieses abzukürzen, brachte Saussüre feuchte Kohle mit Sauerstoffgas in Berührung, indem dieses nur 15 Mafs kohlensaures Gas verschlucken kann. 1 Mafs nasse Buxbaumkohle verschluckte in 10 Monaten 15 Mafs Sauerstoffgas, und der Rest enthielt noch kein kohlensaures Gas; hierauf hörte die weitere Gasverminderung auf, und 4 Monate später fand sich im nicht absorbirten Sauerstoffgas 0,5 Mafs kohlensaures Gas; auch trübte die hierzu gebrauchte Kohle reichlich das Kalkwasser, in welches man sie warf.

Die thierische Kohle scheint nach Vogel noch andere Veränderungen bei der Absorption von Luft oder Sauerstoffgas zu erleiden. 1 Unze Beinkohle, die nach Methode 3: 2,5 Würfelzoll Luft aufgenommen hat, stöfst nach einiger Zeit von selbst wieder 4,5 Würfelzoll Stickgas aus, dem wenig Sauerstoffgas beigemengt ist. Die Kohle stöfst also in Verhältnifs, als sie sich mit Feuchtigkeit sättigt, nicht blofs das absorbirte Stickgas aus, sondern auch noch Stickgas aus ihrer eigenen Masse. Blutkohle mit Luft gesättigt, stöfst kein Gas aus; doch bildet sich in derselben nach Vogels Angabe Ammoniak.

Läfst man Kohle sich mit 2 Gasarten sättigen, welche nur unter gewissen Umständen der Verbindung unter einan-

der fähig sind, so scheint diese doch nicht in der Kohle vor sich zu gehen. Nach SAUSSÜRE erzeugt sich beim Wasser in der Kohle, wenn diese Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zugleich aufnimmt, eben so wenig Salpetersäure beim Imprägniren desselben mit Sauerstoffgas und Stickgas, und eben so wenig Ammoniak bei Stickgas und Waserstoffgas. ROUPPE und VAN NOORDEN glaubten Wasserbildung wahrzunehmen, als sie mit Wasserstoffgas geschwängerte Kohle mit Luft oder Sauerstoffgas zusammenbrachten; sie wollten nämlich nicht blofs eine Erhitzung derKohle um 48°F, sondern sogar die Bildung von Wassertropfen bemerkt haben. Allein das wenige Wasser, was sich aus dem absorbirten Wasserstoffgas erzeugen konnte, wäre zu fest von der Kohle gehalten werden, als dafs es sich in Tropfen entwickeln konnte. Da diese Physiker die Sättigung der Kohle mit Wasserstoffgas über Wasser vor sich gehen liefsen, so hatte sie sich zugleich mit Wasser beladen. Auch fand SAUSSÜRE, dafs mit Wasserstoffgas gesättigte Kohle beim Hineinbringen in Sauerstoffgas sich nur um 2,5° C. erhitzte (während reine Kohle in Sauerstoffgas eine höhere Temperatur annimmt) und dafs umgekehrt mit Sauerstoffgas gesättigte Kohle beim Hineinbringen in Wasserstoffgas sich um 0,5° C. abkühlte. Erzeugtes Wasser war nie zu bemerken. Die Absorption der Gase erfolgte in andern Verhältnissen, als in den zur Wasserbildung erforderlichen, und endlich liefs sich ein grofser Theil des absorbirten Sauerstoff- und Wasserstoff-Gases durch Befeuchten der Kohle mit Wasser wieder austreiben.

Nach BRUGNATELLI[1] zeigt die Kohle verschiedene elektrische Beziehungen, je nachdem sie mit diesem oder jenem Gase vereinigt ist. Er unterscheidet eine Wasserstoffkohle und eine thermoxydirte Kohle. Erstere bereitet er theils durch Sättigen der geglühten Kohle mit Wasserstoffgas, theils durch Eintauchen glühender Kohlen in Wasser, wo das durch die Kohle aus dem Wasser entwickelte Wasserstoffgas von der Kohle zurückgehalten werde. Die thermoxydirte Kohle stellt er dar, indem er Kohlen in Berührung mit Wasser

1 Gehlen J. 11. 553.

an das positive Ende der Volta'schen Säule bringt, oder indem er die Kohle in Chlorgas taucht, und die gebildete Salzsäure mit Wasser wegwäscht, oder indem er Kohle kalt mit starker Salpetersäure im Dunkeln oder mit sehr schwacher am Sonnenlichte behandelt. Nach Volta's Versuchen wird die thermoxydirte Kohle in Berührung mit allen übrigen Substanzen negativ elektrisch, während die gemeine Kohle in der galvanischen Reihe zwischen Graphit und Gold, und die Wasserstoffkohle, welche jedoch am schnellsten ihr Eigenthümliches verliert, zwischen Zinn und Zink steht.

Die Entwickelung der von der Kohle verschluckten Gase kann hervorgebracht werden durch Luftverdünnung, durch Temperaturerhöhung, durch Hinzutreten anderer Gase und anderer nicht gasförmiger Substanzen, besonders des Wassers.

Schon Fontana zeigt, daſs die in einer langen, zum Theil mit Quecksilber gefüllten und geneigten Röhre mit Luft gesättigte Kohle beim Aufrechtstellen derselben einen groſsen Theil der Luft von sich gab, welcher sich fast bloſs wie Stickgas verhielt, dem gegen $\frac{1}{12}$ kohlensaures Gas beigemengt war. War die Kohle mit Sauerstoffgas gesättigt worden, so entwickelte sie dieses bei demselben Verfahren, und dasselbe zeigte sich mit 0,25 kohlensaurem Gas vereinigt. Saussüre fand, daſs diese Entwickelung der Gase eine ungefähr eben so groſse Erkältung hervorbringt, wie zuvor ihre Absorption eine Erhitzung bewirkte. Obige Kohle, welche das damit verbundene Thermometer bei der Sättigung mit kohlensaurem Gas um 14° C. hatte steigen machen, bewirkte auch wieder ein Fallen desselben um 14°, als sie unter die Luftpumpe gebracht wurde; mit Luft gesättigte Kohle brachte bei dem Auspumpen nur eine Erkältung von 3 bis 4° zuwege. Daſs die gut ausgepumpte Kohle immer noch etwas Gas zurückhält, und deswegen von irgend einem Gase etwas weniger verschluckt, als die geglühte Kohle, ist schon oben erwähnt.

Glühhitze scheint die Gase aus der Kohle gänzlich oder fast gänzlich auszutreiben; daſs sich hierbei das absorbirte Sauerstoffgas zum Theil als kohlensaures und Kohlenoxydgas entwickelt, ist leicht einzusehen. Jedoch auch schon durch eine Erhitzung, die höchstens bis zu 100° C. steigt, wird

nach Rouppe und van Noorden, nach Morozzo und Vogel ein großer Theil der Gase ausgetrieben. Der Luft ausgesetzt gewesene Kohle, welche man bis zu 100° erhitzt hat, verschluckt nach Morozzo beinahe halb so viel Luft, wie die geglühte; eben soviel absorbirt die lufthaltige Kohle, wenn sie 7 Stunden lang dem Sonnenlicht ausgesetzt wurde, obgleich hierbei die Erhitzung lange nicht so beträchtlich seyn kann. Eine Unze an der Luft erkaltete Fichtenkohle in einem Gasentwickelungsapparate, trocken bis zu 100° C. erhitzt, entwickelt nach Vogel 10 Würfelzoll einer Luft, in welcher das Verhältniſs des Sauerstoffgases zum Stickgase dasselbe ist, wie in der atmosphärischen. Da 1 Unze Fichtenkohle nach andern Versuchen Vogels gegen 14 Würfelzoll Luft verschluckt, so muſsten gegen 4 Würfelzoll Luft in der Kohle geblieben seyn, und zwar vorzüglich Sauerstoffgas, weil dieses reichlicher von der Kohle aufgenommen wurde, als das Stickgas, und sich beim Erhitzen bis zu 100° diese beiden Gasarten im atmosphärischen Verhältnisse entwickelten. Wird daher diese bis zu 100° erhitzt gewesene Kohle wieder mit Luft zusammengebracht, so nimmt sie in der Kälte wieder einen Theil derselben auf und zwar genau im atmosphärischen Verhältnisse, so daſs der nicht verschluckte Theil unveränderte Luft ist.

Daſs die mit einem Gase gesättigte Kohle beim Befeuchten mit Wasser einen Theil des Gases, unter einer Art von Aufbrausen entwickle, bemerkten Fontana, Lametherie, Morozzo, Parrot und Grindel. Dagegen überzeugte sich Vogel, daſs eine glühend unter Quecksilber gebrachte Kohle nach dem Erkalten beim Befeuchten mit Wasser kein Gas fahren läſst. Lametherie fand, daſs mit irgend einem Gase gesättigte Kohle beim Befeuchten mit Wasser frei werden lieſs: beim Wasserstoffgas $\frac{1}{4}$, bei Salpetergas und Stickgas $\frac{1}{6}$ vom ursprünglich verschluckten Gase. Nach Saussüre verliert 1 Maſs Buxbaumkohle, die mit 7,5 M. Stickgas gesättigt ist, beim Befeuchten mit Wasser von gleichem Umfang mit der Kohle, 6,5 M., behält also bloſs 1 M. Stickgas. Ein Maſs trockene Buchenkohle, die sich mit 9,25. M. Sauerstoffgas gesättigt hat, entwickelt im Wasser 3,5 M., behält also 5,75 M. Sauerstoffgas. Ein Maſs mit Wasser-

stoffgas gesättigte Kohle behält nach dem Durchdringen mit Wasser 0,65 M. zurück. Ein Maſs mit 33 M. kohlensaurem Gas verbundene Kohle entwickelt hierbei 17 Maſse. Die Entwickelung ist so heftig, daſs man beim Zusammenbringen von mit kohlensaurem Gase gesättigter Kohle mit einer gröſseren Menge Wasser in einer starken verstopften Flasche Sauerwasser darstellen könnte. Die Austreibung der Gase durch Wasser ist in 48 Stunden beendigt. Noch gröſsere Mengen des Gases lassen sich durch Kochen der gashaltigen Kohle mit Wasser austreiben, doch nicht alles. Die so durch Wasser ausgetriebenen Gase, auch wenn sie mehrere Tage in der Kohle verweilt hatten, schienen nach Saussüre nicht verändert zu seyn; das ausgetriebene Sauerstoffgas hält keine Kohlensäure, auſser wenn es erst nach Monaten ausgetrieben wird; das Wasserstoffgas ist nicht mit Kohlenwasserstoffgas, und das kohlensaure nicht mit Kohlenoxydgas gemengt; nur halten sie ein wenig Stickgas beigemengt, welches wahrscheinlich schon in der glühenden Kohle enthalten gewesen war.

Mit Luft gesättigte Kohle entwickelt nach Fontana im Wasser 0,6 der verschluckten Luft, und das so Ausgetriebene besteht aus viel Stickgas mit wenig kohlensaurem und Sauerstoffgas. Nach Delametherie treibt das Wasser aus glühend in Quecksilber gelöschter, dann mit Luft gesättigter Kohle nur 0,25 derselben aus, und dieses verhält sich wie reines Stickgas; doch will er auch gefunden haben, daſs gewöhnliche Kohle mit Wasser eine Luft entwickelt, die ungefähr so gut ist, wie die atmosphärische (dies war wohl nur die in den Poren frei enthaltene Luft). Nach Morozzo giebt die mit Luft gesättigte Kohle nur $\frac{1}{16}$ derselben im Wasser von sich, und dieses $\frac{1}{16}$ ist ein Gemenge von Stickgas und von kohlensaurem (?) Gas. Nach Parrot und Grindel ist das durch Wasser aus lufthaltiger Kohle entwickelte Gas reines Stickgas.

Die ausführlichsten Versuche über das Verhältniſs lufthaltiger Kohle zu Wasser sind folgende von Vogel: Gewöhnliche, nicht frisch geglühte Holzkohle entwickelt im Wasser kein Gas, weil sie sich schon an der Luft mit Feuchtigkeit beladen und das durch das Wasser austreibbare Gas

verloren hat. Ausgeglühte und an der Luft erkaltete Fichtenkohle in einem Beutel in eine Glocke voll Luft 0,5 Zoll hoch über Wasser gehängt, entwickelt allmälig viel Gas, welches reines Stickgas ist. Neun Unzen derselben Fichtenkohle, in Wasser geschüttet, 15,81 Würfelzoll rheinl. Gas, welches in 100 ungefähr 15,75 Sauerstoffgas gegen 84,15 Stickgas enthält. Eben so verhält sich auch zuerst mit Salzsäure ausgekochte, dann geglühte und an der Luft erkaltete Fichtenkohle. Also entwickelt die Kohle, wie wenigstens Vogel folgert, wenn sie sich langsam mit Wasser sättigt, reines Stickgas, wenn sie schnell damit gesättigt wird, zugleich etwas Sauerstoffgas, doch wird immer ein Theil des Sauerstoffgases von der Kohle zurückgehalten. Kohle von Weinstein mit Wasser und Salzsäure ausgezogen, nochmals geglüht und an der Luft erkaltet, entwickelt mit Wasser weniger Gas, als die Holzkohle ($\frac{1}{6}$ von der Menge der verschluckten Luft) und zwar ist dieses reines Stickgas. Diese Kohle schwimmt, wegen ihrer Zartheit, auf dem Wasser, und deshalb tritt bei ihr dieselbe langsame Einwirkung des Wassers ein, wie bei der über Wasser aufgehängten Fichtenkohle. Zwei Unzen geglühte und an der Luft erkaltete Fichtenkohle, welche im kalten Wasser 19 Würfelzoll Gas entwickelt haben, welches wenig Sauerstoffgas hält, entwickeln beim Sieden des Wassers noch 4,5 Würfelzoll, die bloſs $2\frac{1}{3}$ Procent Sauerstoffgas enthalten. Doch auch jetzt scheint nach Vogels Vermuthung ein Theil Stickgas in der Kohle geblieben zu seyn. Bringt man die mit Luft gesättigte Kohle nicht erst in kaltes Wasser, sondern sogleich in siedendes, so entwickelt sich viel Stickgas, dem nur sehr wenig Sauerstoffgas beigemengt ist.

b. Absorption der Dämpfe durch Kohle.

Die Kohle zieht mit groſser Begierde die Wasserdämpfe an sich. Setzt man frisch geglühte Kohle der freien Luft aus, so nimmt sie beträchtlich an Gewicht zu, und diese Gewichtszunahme ist nur dem kleinsten Theile nach von der verschluckten Luft abzuleiten, da dieselbe Kohle, in einer gröſsern Menge von Luft, als sie zu absorbiren vermag, eingeschlossen, bloſs eine sehr geringe Gewichtszunahme zeigt. Diese Gewichtszunahme der Kohle in freier Luft

beträgt nach Allen und Pepys[1]. bei der Kohle von Guajakholz 9,6 Procent; bei der von Tannenholz 13; bei der Buxbaumholzkohle 14; bei der Buchenkohle 16,3, bei der Eichenkohle 16,5 und bei der Mahagonikohle 18 Procent. Sie erfolgt zum gröfsten Theil in den ersten 2 Stunden und erreicht ihr Maximum in weniger als 24 Stunden. Erhitzt man eine solche, der Luft ausgesetzt gewesene Kohle in einer Retorte, so geht zuerst wirkliches Wasser über, bei zunehmender Temperatur jedoch entwickelt sich eine grofse Menge Gas, von der Zersetzung des übrigen Wassers durch die Kohle herrührend.

Dafs auch andere Dämpfe durch die Kohle absorbirt werden, beweisen theils die Erfahrung Saussüres, nach welcher sie den Aetherdampf reichlich verschluckt, theils vorzüglich Döbereiner's Versuche. 8 Pfund, in einem Siebe befindliche Kohlen befreiten ein mit Tabacksdampf gefülltes Zimmer über Nacht von allem Tabacksgeruch, füllt man 3 Flaschen, jede 36 Würfelzoll fassend, die erste mit Tabacksrauch, die zweite mit dem Rauch von asa foetida, die dritte mit dem Rauch vom Berliner Räucherpulver, und bringt in eine jede 1,5 Würfelzoll frisch geglühte und gepulverte Lindenholzkohle; so verliert die erste Flasche in 1; die zweite in 2½; die dritte in 3 Stunden allen Geruch. Auch Blausäuredampf wird durch die Kohle aus der Luft vollständig aufgenommen; so verliert auch aus Schwefelsäure und Zink entwickeltes Wasserstoffgas und das bei der trockenen Destillation des Holzes erhaltene brennbare Gas in Berührung mit Kohle, welche völlig mit Wasser durchdrungen ist, allen Geruch. Luft, durch faulendes Fleisch stinkend geworden, verliert durch schwach befeuchtete Kohle ihren fauligen Gestank, doch nicht alles Ammoniak. Läfst man Tabacksdampf aus einer Pfeife in eine mit Kohle gefüllte Büchse, und dann erst in den Mund treten; so erhält man zuerst wenig Rauch, der geruch- und geschmacklos ist, erst bei der zweiten und dritten Pfeife, in Verhältnifs, als sich die Kohle sättigt, nimmt der Rauch immer mehr den Geruch und Geschmack des Tabacks an, und die Kohle ist

1 Gehlen J. V. 669.

übelriechend und feucht geworden. Bewegung der Kohle befördert diese Absorption. Bringt man daher die Kohle in eine große mit Luft und Tabacksdampf gefüllte Glocke, ohne zu schütteln, so nimmt sie den Tabacksgeruch nicht ganz hinweg. Daß dieses dennoch nach obiger Erfahrung im Zimmer der Fall war, leitet Döbereiner von den Strömungen der Luft im Zimmer wegen Temperaturverschiedenheit ab. Um den Einfluß des Wassers auf diese absorbirende Wirkung der Kohle kennen zu lernen, schwängerte er 3 Flaschen Luft mit Tabacksdampf an, brachte in die erste 2 Würfelzoll trockne Kohle, in die zweite ebensoviel mit 1 Drachme Wasser befeuchtet, und in die dritte 2 Unzen Wasser ohne Kohle, und schüttelte alle drei Flaschen einigemal. Hier verschwand der Geruch in der ersten Flasche in $\frac{3}{4}$ Stunden, in der zweiten in $\frac{1}{4}$ Stunde und in der dritten blieb er Tage und Wochen. Also verschluckt feuchte Kohle solche riechende Dämpfe schneller als trockene, allein dem bloßen Wasser kommt dieses Vermögen nicht zu. Der Ruß, welcher sich beim Verbrennen von Pech, Wachholderholz u. s. w. erhebt, nimmt den Geruch von Taback und von Hirschhornsalz nicht hinweg, und es beruht also nicht etwa auf einem solchen Verhältnisse die angebliche luftreinigende Wirkung solcher Räucherungen.

B. Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch andre starre Körper als durch Kohle.

a. Absorption der Gasarten durch dieselbe.

Morozzo glaubte zu finden, daß geglühter Bimstein, Backstein und Glas und stark erhitzter Schwefel, Bernstein und Berlinerblau keine Art von Gas verschlucken. Saussüres Versuche zeigen dagegen, daß viele steinige und organische Substanzen etwas Gas aufnehmen, wiewohl weit weniger als die Kohle. Die von ihm geprüften Materien wurden theils zuerst geglüht, und darauf noch unter der Luftpumpe nach Methode 1. exantlirt, so der Meerschaum von Valecas bei Madrid, der Holzasbest aus Tyrol, der Bergkork und der Schwimmquarz von Vauvert, von 1,18 spec. Ge-

wicht auf dem Wasser schwimmend, durch's Glühen 3,35 Procent verlierend; andere wurden bloſs exantlirt, wie der Klebschiefer von Menil-Montant, der Hydrophan aus Sachsen, der gebrannte, durch Wasser wieder erhärtete und an der Luft getrocknete Gyps, die Bergmilch aus dem Jura und die organischen Substanzen. Letztere wurden zwar nicht bloſs an der Luft, sondern auch durch Chlorcalcium getrocknet, behielten aber doch noch immer etwas Feuchtigkeit. Dasselbe Stück eines jeden der erwähnten Körper diente zu den Versuchen mit den verschiedenen Gasarten; es wurde nach jedem Versuche wieder geglüht und ausgepumpt oder bloſs ausgepumpt. Da alle diese Körper vor dem Zusammenbringen mit den Gasen mit Quecksilber zusammenkamen, so wurden ihre Poren mit diesen erfüllt, daher das absorbirte Gas oft weniger beträgt, als der Raum der Poren des absorbirenden Körpers.

1 Maſs folgender Körper verschluckt bei 15°C. von folgenden Gasen Maſse:

	Meerschaum	Klebschiefer	Holzasbest	Bergkork	Hydrophan	Quarz	Gyps
Ammoniakgas	15	113	12,75	2,3	64	10	—
Salzsaures Gas	—	—	—	—	17	—	—
Schwefligsaures Gas	—	—	—	—	7,37	—	—
Hydrothionsaures Gas	11,7						
Stickoxydulgas	3,75						
Kohlensaures Gas	5,26	2	1,7	0,82	1	0,6	0,43
Oelerzeugendes Gas	3,7	1,5	1,7	0,82	0,8	0,6	—
Kohlenoxydgas	1,17	0,55	0,58	0,78	—	—	—
Sauerstoffgas	1,49	0,7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,58
Stickgas	1,6	0,7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,53
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas	0,85	0,55	0,41	0,68	—	—	—
Wasserstoffgas	0,44	0,48	0,31	0,68	0,4	0,37	0,50

	Bergmilch	Haselholz	Maulbeerholz	Tannenholz	Leinfaden	Wolle.	Seide
Ammoniakgas . .	—	100	88	—	68	—	78
Kohlensaures Gas .	0,87	1,1	0,46	1,1	0,62	1,7	1,1
Oelerzeugendes Gas . . .	—	0,71	—	—	0,48	0,57	0,5
Kohlenoxydgas . .	—	0,58	—	—	0,35	0,3	0,3
Sauerstoffgas . .	0,67	0,47	0,34	0,5	0,35	0,43	0,44
Stickgas . . .	0,80	0,21	0,18	0,21	0,33	0,24	0,125
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas .	—	0,58	—	—	0,35	—	—
Wasserstoffgas . .	0,80	0,58	0,46	0,75	0,35	0,3	0,3

Demnach verdichten Meerschaum, Klebschiefer, Asbest, Hydrophan, Quarz und Gyps mehr Stickgas als Wasserstoffgas; sämmtliche organische Stoffe dagegen mehr Wasserstoffgas als Stickgas.

Hinsichtlich des Luftdrucks zeigt sich nach Saussüre beim Meerschaum dasselbe, wie bei der Kohle, denn 13,87 Würfel-Centimeter Meerschaum absorbiren vom kohlensauren Gase bei 0,723 Meter äufsern Druck 42,5 und bei 0,238 Meter äufserem Drucke 50,5 Würfelcentimeter.

Eben so zeigen diese Körper gegen Gasgemenge ein ähnliches Verhalten, wie die Kohle. Ein Mafs luftleerer Meerschaum in 2,5 Mafs eines Gemenges von gleichviel Wasserstoffgas und Sauerstoffgas gebracht, nimmt 0,57 M. Sauerstoffgas und 0,44 M. Wasserstoffgas auf, also weit mehr Wasserstoffgas (aber weniger Sauerstoffgas) als zu erwarten war. Aus demselben Gasgemenge nimmt 1 Mafs Klebschiefer 0,35 M. Sauerstoffgas und ebensoviel Wasserstoffgas auf, also auch wieder mehr von letzterem, als zu erwarten stand. Aus 2,5 eines Gemenges von gleichen Mafsen Wasserstoffgas und Stickgas nimmt 1 Mafs luftleerer Meerschaum 0,42 M. Wasserstoffgas und 0,61 M. Stickgas auf. Mit Luft zusammengebracht verschluckt er das Stickgas und Sauerstoffgas ungefähr im atmosphärischen Verhältnisse; wenigstens läfst sich bei der Kleinheit der Absorption und fast gleicher Absorptionsgröfse beider Gase kein Unter-

schied warnehmen. Ein Mafs luftleeres Tannenholz verschluckt von einem Gemenge von 2 Mafsen Stickgas und ebensoviel Wasserstoffgas 0,11 M. des ersten und 0,34 M. des letztern; es wirkt also auf ein solches Gemenge der Kohle und dem Meerschaum entgegengesetzt.

Wenig Wasser erhöht nach Saussüre oft die absorbirende Wirkung dieser Körper, eine gröfsere Menge desselben schwächt sie zum Theil. Während geglühter Meerschaum nur 15 Mafs Ammoniakgas verschluckt, so verschluckt nicht geglühter gut getrockneter (welcher noch viel chemisch gebundenes Wasser enthält) 150 Mafs. Ein Stück Meerschaum, welches vor dem Glühen 3 Mafs kohlensaures Gas verschluckt, absorbirt nach dem Glühen 2,5 M. desselben. Geglühter Meerschaum verschluckt weniger kohlensaures Gas, als wenn man ihn nach dem Glühen mit sehr wenig Wasser befeuchtet. Bei einer gröfseren Menge von Wasser dagegen absorbirt der geglühte Meerschaum wieder weniger als im trockenen Zustande. Auch geht die Verdichtung des kohlensauren Gases durch feuchten Meerschaum viel langsamer vor sich, als durch trocknen. Dieser beendigt seine Apsorption der verschiedenen Gase nach Saussüre in 5 bis 6 Stunden.

Aus dem Meerschaum und ohne Zweifel auch aus den übrigen Materien lassen sich die verschluckten Gase durch die blofse Luftpumpe wieder austreiben[1].

---

[1] *A. v. Humboldt* (Scherer Journal I. 699. u. III. 217. G. I. 501. u. 509.) glaubte gefunden zu haben, dafs nicht nur Dammerde und aus beträchtlichen Tiefen und Salzbergwerken erhaltener Thon, sondern sogar reines Alaunerdehydrat, Kalk und Baryt, (nicht aber Bitter- und Kieselerde) im feuchten (nicht im trockenen) Zustande aus der Luft das Sauerstoffgas aufnehmen und reines Stickgas zurücklassen. Van Mons fand (Scherer Journal III. 245 und 731.) diese Versuche bei allen bekannten Erden bestätigt. Lampadius (in seiner Sammlung practisch chemischer Abhandlungen. Dresden III. 210. auch in Scherer Journal V. 323.) glaubt zu finden, dafs das aus Alaun durch Ammoniak gefällte Alaunerdehydrat und die frisch gegrabene Porcellanerde von Aue sehr viel Sauerstoffgas verschlucken (1 Unze der letztern in 11 Wochen 68 Würfelzoll) und dadurch ihre Löslichkeit in Schwefelsäure verlieren (?); auch dafs frischgefällte Kieselerde und geglühte Bittererde Sauerstoffgas verschlukken. Iedoch schon Emmert (Scherer Journal V. 786.) erhielt mit Kalk,

b. Absorption der Dämpfe durch nicht kohlige Körper.

Wenn starre Körper nach obigem fähig sind, Gase zu verdichten, so dürfen wir erwarten, dafs sie diese Wirkung noch in höherem Grade auf die Dämpfe ausüben, da diese viel geneigter sind, ihren elastisch flüssigen Zustand einzubüfsen; und so verhält es sich wirklich.

Jeder starre Körper scheint aus der atmosphärischen Luft etwas Wasserdampf anzuziehen, und sich mit einer unbemerklichen Lage von Wasser zu bedecken, selbst wenn die Luft nicht mit Wasserdampf überladen ist. Die Menge des absorbirten Wassers ist verschieden, je nach dem Zustande und der Natur der starren Körper, und je nach der Sättigung der Luft mit Dampf. Je gröfser die Oberfläche eines und desselben Körpers ist, desto mehr absorbirt er

---

Alaunerde und vielen andern Körpern nur schwache Absorptionen. v. Saussüre (G. I. 505.) fand, dafs 4 Unzen Alaunerdehydrat durch Ammoniak aus Alaunauflösung gefällt und mit Wasser befeuchtet, in 4 Monaten aus der Luft nichts absorbiren, aufser, wenn kochendes Wasser genommen wird, welches sich mit Luft sättigt; eben so verhielt sich kohlensaurer Kalk und Kieselerde. Auch erklärte Berthollet (G. VII. 85.) dafs die Humboldtschen Versuche weder ihm, noch Champy, noch Chaptol noch Fabroni gelungen seyen, und so überzeugte sich auch Böckmann (G. VII. 215.) dafs gewöhnliche Thonarten, wie sie gegraben werden, feucht mit Luft zusammengebracht, entweder gar kein Sauerstoffgas verschlucken oder höchst wenig. Somit scheint die Sache als grundlos abgethan. Neuerdings behauptet Ruhland (Schweig. XVIII. 30.) das Pulver von Kochsalz, Glaubersalz, Thon, Eisenoxyd, Alaunerde, Kalk, Bittererde, Kreide, Aetzkali (?), salzsauren Kalk (?), mehrere Monate lang der Luft ausgesetzt, dann in einer irdenen Retorte stark geglüht, entwickele gegen das Ende blos Stickgas; sammle man daher die zuletzt übergehende Luft auf, und befreie sie durch Kalkmilch von Kohlensäure, so zeige sie 84 bis 98 Procent Stickgasgehalt. Glas- und Porcellanretorten sollen dasselbe Resultat liefern. Da Ruhland jedoch gerade zu seinen genauern Versuchen irdene Retorten anwandte, und aus der erhaltenen Luft kohlensaures Gas zu scheiden hatte, so hat er offenbar die durch die Poren der Retorte aus dem Ofen durchgedrungene Luft untersucht. Die genannten Körper sollen dann beim Erkalten der Retorte auch noch Sauerstoffgas aufnehmen, so dafs die hineingelassene Luft verschlechtert wird, allein auch diese Behauptung bedarf einer strengen Prüfung.

Feuchtigkeit, und jedes Pulver, jeder poröse Körper, wie Holz, Erden u. s. w. zieht besonders viel an. Wie begierig das Pulver von Trappporphyr und Hafergrütze den Wasserdampf absorbirt, zeigt der Versuch von Leslie[1], welcher Wasser damit zum Gefrieren brachte, wenn er dieselben stark getrocknet unter eine Glocke setzte, welche eine Schale voll Wasser enthielt, und die Glocke luftleer pumpte. Ohne Zweifel beruht auch vorzüglich auf dieser Anziehung der Wasserdämpfe die heilsame Wirkung von warmer Kleie oder Bohnenmehl bei wässrigen Geschwülsten. So nehmen nach Rumford[2] 100 Gewichtstheile getrocknetes Holz im Sommer 10, im Winter 24 Theile Wasser aus der Luft auf. Eben so bekannt ist es, dafs gepulverte steinige und andere Mineralien Kupferoxyd u. s. w. bey kurzem Verweilen an der Luft mehrere Procent Wasser anziehen können. Ohne Zweifel ist die Absorption sehr verschieden, je nach der Natur des starren Körpers; doch sind hierüber keine Versuche angestellt. Diejenigen Körper, die vorzüglich viel Wasser auf eine solche mehr mechanische Weise aus der Luft anziehen, werden *hygroskopische* genannt, obgleich diese Benennung im höhern oder niedern Grade allen starren Körpern gebührt. Endlich ist leicht einzusehen, dafs ein und derselbe Körper um so mehr Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen wird, jemehr diese bei einer gegebenen Temperatur mit Wasserdampf gesättigt ist, und da sich die verschiedene Menge von Feuchtigkeit, welche vom starren Körper aufgenommen ist, durch das Gewicht, und zum Theil auch durch verschiedene starke Formänderung erkennen läfst, so lassen sich solche Körper zu relativen Feuchtigkeitsmessern oder Hygrometern anwenden.

Körper, welche sich an der Luft mit Wasser beladen haben, verlieren dasselbe beim Erwärmen; beim Siedpunkt des Wassers möchte nur eine Spur hygroskopischen Wassers zurückbleiben, in der Glühhitze wohl gar keines. Auch das Exantliren entfernt das hygroskopische Wasser aus den Körpern, besonders wenn man die Temperatur des zu trock-

1. Schweigger Journal XX. 467.
2. Schweigger Journal VIII. 160.

nenden Körpers auf 100 °C. erhöht und in die Glocke eine Schale mit Vitriolöl stellt, welches den erzeugten Wasserdampf (der dem Verdampfen des übrigen Wassers entgegenwirkt) immer wieder verschluckt.

Ganz ähnliche Verhältnisse, wie gegen den Wasserdampf, zeigen die nicht kohligen starren Körper gegen alle übrige Dämpfe, nur dafs diese Verhältnisse noch viel weniger untersucht sind. Aetherdampf wird nach Saussüre reichlich vom Meerschaume, geglühten Holzasbest u. s. w. aufgenommen. Geruchlose oder anders riechende Körper in eine Luft gebracht, in welcher sich ein riechender Dampf befindet, werden bald mit dem Geruche des Dampfes durchdrungen und behalten ihn längere Zeit; z. B. englische Bücher, Gegenstände in Apotheken u. s. w. Sie halten die riechenden Materien mit einer gewissen Kraft fest, und lassen sie nur langsam verdampfen, wenn sie mit einer Luft in Berührung kommen, welche nichts von solchen Dämpfen enthält, oder wenn man sie erhitzt, oder wenn man sie mit Wasser oder Wasserdampf haltender Luft zusammenbringt; vielleicht weil das Wasser eine gröfsere Anziehung zu den starren Körpern hat, und die riechende Materie dampfförmig austritt, vielleicht auch, wie dies Buchner vermuthet, weil die riechende Materie blofs in Gesellschaft des Wassers verdampft. Buchner[1] fand, dafs Papier, mit einem flüchtigen Oele oder mit Köllnisch-Wasser befeuchtet, desgleichen die Blumen von Rosen, Holunder und verbascum nach scharfem Trocknen nicht mehr riechen, aber ihren Geruch wieder erhalten, wenn man sie der (wasserhaltigen) Luft aussetzt, oder schneller noch, wenn man sie befeuchtet. Es erklärt sich hieraus eine Erfahrung Engelhard's[2], nach welcher $12\frac{3}{4}$ Pfund Anissamen, welcher 20 Jahr lang der Luft ausgesetzt gewesen war, und selbst beim Zerquetschen sehr schwach roch, bei der Destillation doch noch $3\frac{3}{8}$ Unzen flüchtiges Oel lieferte. Auch Saussüre vermuthete schon, dafs die Gerüche, z. B. der Blumen, auf Austreibung der riechenden Dämpfe durch die Feuchtigkeit der Luft beruhen möchten.

---

1 In seinem Repertorium für Pharmac. XV. 57.
2 Brandes Archiv für Pharmac. III. 104.

Theorie der Absorption elastischer Flüssigkeiten durch starre Körper.

Aeltere Ansichten, besonders der Absorption der Gasarten durch Kohle betreffend, sind folgende:

Nach Morozzo verschlucken blofs solche Körper die Gase, welche viel Phlogiston enthalten, wie Holzkohle und Steinkohle; er nimmt an, die Fähigkeit der Kohlen, die Gase zu verschlucken, stehe im Verhältnifs mit ihrem Gehalt an Phlogiston, und solche Gase würden am reichlichsten verschluckt, welche nicht phlogistisirt sind. Annahmen, welche mit der Erfahrung nicht übereinstimmen.

Delametherie nahm in den Kohlen ein Princip an, welches sich mit den Gasarten chemisch verbinde, und sie in Stickgas verwandle, sofern er fand, dafs die Gasarten, hinterher durch Wasser aus der Kohle ausgetrieben, mit Stickgas verunreinigt waren. Vielleicht hielten seine Gasarten Luft, und also Stickgas beigemengt; vielleicht hatte die Kohle Stickgas aus der Luft in dem Augenblicke aufgenommen, wo sie in das Quecksilber getaucht und dadurch abgekühlt wurde.

Sämmtliche Absorptionen der elastischen Flüssigkeiten durch Kohle und andere starre Körper sind entweder mechanischer Natur, durch Adhäsion bewirkt, oder chemischer Natur, durch Affinität bewirkt, oder beides zugleich.

Für die Annahme, dafs diese Absorptionen auf blofser Adhäsion beruhen, sprechen folgende Gründe:

1. die gepulverte Kohle verschluckt weniger Gas, als die ganze. Dieses entspricht den Gesetzen der Haarröhrchen-Anziehung, nicht aber denen der Affinität, da mit Vergröfserung der Oberfläche die Wirkung verstärkt oder wenigstens beschleunigt und nicht geschwächt werden müfste.

2. Es scheint, dafs alle starre Körper fähig sind, alle elastische Flüssigkeiten mehr oder weniger zu verdichten, und es zeigen sich viele Absorptionen von Gasarten durch solche starre Körper, bey denen man der Analogie nach keine Affinität zu den Gasarten anzunehmen hat. Dieses entspricht den Wirkungen der Adhäsion, welche

unter *allen* wägbaren Stoffen statt zu finden scheint, während die Affinität sich nur zwischen gewissen Stoffen äussert, zwischen andern aber nicht.

3. Mit der Aufnahme der elastischen Flüssigkeiten durch starre Körper, ist keine merkliche Veränderung der letztern gegeben, wie dieses doch bei chemischen Verbindungen der Fall ist. Allerdings ist hiegegen zu bemerken, daſs die mit Sauerstoffgas und mit Wasserstoffgas gesättigten Kohlen eigenthümliche galvanische Verhältnisse zeigen und daſs übrigens bei der höchst geringen Menge der aufgenommenen elastischen Flüssigkeit die vielleicht statt findende Veränderung nicht immer bemerkbar zu seyn braucht. Auſserdem gilt hier auch vieles von dem, was Dalton bei der Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch tropfbare flüssige Körper zu Gunsten seiner mechanischen Ansicht angeführt hat.

Daſs diese Absorption durch starre Körper Wirkung der Affinität sey, hierfür spricht anderseits folgendes:

1. Es zeigt sich ein auffallender Unterschied in der Absorptionsgröſse, je nach der chemischen Natur der starren Körper und der elastischen Flüssigkeiten. Die Kohle verschluckt nur 1,75 M. Wasserstoffgas und 35 M. kohlensaures und 90 M. Ammoniakgas. Der Meerschaum nimmt bloſs 5,3, und der Hydrophan bloſs 1 M. kohlensaures Gas auf. Es ist natürlicher diese groſsen Verschiedenheiten in der Absorption von einer verschieden groſsen Affinität abzuleiten, als von einer verschieden groſsen Adhäsion, da sich sonst wenigstens keine so groſse Unterschiede in den Wirkungen der Letztern zeigen.

2. Besonders schwer ist es einzusehen, daſs durch die bloſse Adhäsion der Kohle zu den Gasen diese eine so starke Verdichtung erleiden sollen, so daſs z. B. 90 Maſs Ammoniakgas in den Poren von 1 M. Kohle Platz finden.

3. Man könnte auch die beträchtliche Wärmeentwickelung, welche bei der Absorption der Gase durch Kohle bemerkt wird, als ein Zeichen der chemischen Verbindung ansehn; seit jedoch durch Pouillet gezeigt worden ist, daſs auch das Benetzen eines starren Körpers mit einer Flüssigkeit mit einer geringen Temperaturerhöhung ver-

bunden ist, so fällt diese Stütze der chemischen Ansicht hinweg.

4. Da die Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch tropfbare höchst wahrscheinlich chemisch ist, so sollte man der Analogie gemäfs auch die durch starre Körper für chemisch erklären, um so mehr, als die meisten Erscheinungen bei der einen Art von Absorption denen bei der andern ähnlich sind. Andrerseits finden sich aber auch einige Unterschiede, z. B. dafs bei den starren Körpern die Absorption nach Mafsen bei verschiedenem Luftdrucke verschieden ist; dafs sie sich gegen Gasgemenge nicht der Daltonschen Formel gemäfs verhalten; dafs immer eine vergröfserte Oberfläche nicht blofs zur Schnelligkeit, sondern auch zur Reichlichkeit der Absorption erforderlich ist, u. s. w.

5. Eben so spricht für die chemische Ansicht die Analogie zwischen der Gas- und Dampf-verschluckenden Wirkung der Kohle, und ihrem Vermögen aus tropfbaren Flüssigkeiten riechende, schmeckende und färbende Stoffe aufzunehmen, welches letztere nothwendig als etwas chemisches zu betrachten ist.

Nach allen diesen Betrachtungen mufs man eingestehen, dafs diese Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch starre Körper zu denjenigen Erscheinungen gehört, welche auf der Grenze stehen zwischen den Wirkungen der Adhaesion und der Affinität, dafs uns vorzüglich die verschiedene Absorptionsgröfse, je nachdem die Kohle ganz oder gepulvert ist, zur mechanischen Ansicht, die sehr reichliche Absorption mancher Gasarten durch Kohle und die Analogie mit der Absorption durch tropfbare Flüssigkeiten zur chemischen Ansicht ziehen müsse. Nehmen wir deshalb, bis weitere Thatsachen eine genügendere Erklärung zulassen, entweder an, es wirke Adhäsion und Affinität zugleich, und zwar letztere vorzüglich da, wo mehrere Mafse elastische Flüssigkeit von einem Mafs des festen Körpers verschluckt werden, während vielleicht die geringeren Absorptionen des Wasserdampfes und einiger Gasarten durch steinartige Körper als rein mechanisch anzusehen sind; oder nehmen wir an, die Kraft, welche diese Absorption bewirkt, sey

ein Mittelding von Adhäsion und von Affinität. Dieser letztere Fall setzt die Annahme voraus, der Adhäsion und Affinität liege dieselbe Kraft zum Grunde, welche den ersten Namen erhält, wenn ihrem Bestreben zur innigen Vereinigung zweier heterogenen Körper andere Kräfte siegreich entgegenwirken, wo bloſs eine oberflächliche Verbindung eintritt, den letzten Namen, wenn die innige Vereinigung erfolgt. Zwischen dieser innigen Vereinigung und zwischen dem oberflächlichen Anhängen könnte bei einem gewissen Verhältniſs der anziehenden Kraft zu den entgegenwirkenden Kräften ein drittes liegen, wie es sich etwa bei diesen Absorptionserscheinungen ergiebt[1]. *G.*

Abstand vom Scheitel.

Zenithdistanz, Abstand vom Zenith; ***Distantia a vertice*****;** distance au Zenith; ***Zenith-Distance*****.** Die Zenithdistanz eines Punctes am Himmel ist der zwischen ihm und dem Scheitelpuncte enthaltene Bogen eines Verticalkreises oder Scheitelkreises. Der Abstand vom Zenith ergänzt die Höhe über dem Horizonte zu 90 Graden. Wenn sich der Beobachter auf der nördlichen

---

1 Vergl. *Anziehung.*

Abhandlungen über die Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch starre Körper.

Felice Fontana in Memorie di matematica e fisica della società italiana I. 679. auch in seinen opusc. scientif.

Carl Ludwig, Graf von Morozzo in Journal de physique XXII. 294. und XXIII. 362., auch in Lichtenbergs Magazin Bd. 2 Stück 2 S. 7. und Stück 3 S. 72. Derselbe im Journal de physique LVII. 465. auch in Gehlens Neuem Journal III. 670, auch in Gilb. Ann. XVII. 239. Derselbe in Journal de physique LVIII. 374. auch in Gehlens Neuem Journal III. 676. Derselbe in Memorie di matematica e fisica della società italiana, XI. 331. auch in Gehlens Journal für Chemie und Physik II. 159.

Delametherie in Journal de physique XXX. 309.

Rouppe und von Noorden in Scherers Journal III. 300.

van Mons, ebendaselbst IV. 123.

Parrot und Grindel ebendas. IV. 437. VII. 3.

Brugnatelli in Gehlens Journal für Chemie und Physik II. 553.

F. C. Vogel in Schweigger Journal IV. 42.

Theodor von Saussüre, in Biblioth. Brit. auch in Gilb. Ann. XLVII. 113.

Döbereiner in Schweigger Journal X. 272.

Halbkugel der Erde befindet, so ist für ein im Meridian stehendes, Gestirn der Abstand vom Zenith gleich der Polhöhe weniger der nördlichen Abweichung; oder gleich der Polhöhe addirt zu der südlichen Abweichung, wenn das Gestirn südlich vom Zenith durch den Meridian geht. Für Sterne die zwischen dem Zenith und dem Pole durch den nördlichen Meridian gehen, ist der Zenith - Abstand gleich der nördlichen Abweichung weniger der Polhöhe (weil Polhöhe und Abstand des Aequators vom Zenith einerlei ist.). Für Sterne die unter dem Pole im nördlichen Theile des Meridians stehen, ist der Zenith - Abstand gleich 90° weniger der um die Aequatorshöhe verminderten Abweichung.

Für die Bewohner der südlichen Halbkugel läfst sich hieraus die Bestimmung leicht herleiten.

Wenn man für irgend einen nicht im Meridian liegenden Punct des Himmels die Zenithdistanz finden will, so ist, wenn die Polhöhe $= \varphi$, die nördliche Abweichung des Punctes $= + \delta$, seine gerade Aufsteigung $= a$, und die gerade Aufsteigung der Mitte des Himmels $= S$ heifst, Cosin. der Zenithdistanz. $=$

$\text{Sin. } \varphi. \text{ Sin. } \delta + \text{Cos. } \varphi. \text{ Cos. } \delta. \text{ Cos. } (S - \alpha)$ indem in Fig. 12. dem Dreieck ZPS die zwei Seiten $ZP = 90° - \varphi$, $PS = 90° - \delta$, nebst dem eingeschlossenen Winkel $ZPS = 180° - (S - \alpha)$ gegeben sind, also ZS als dritte Seite des sphärischen Dreiecks gefunden wird. Z ist hier das Zenith, P der Pol des Aequators, S das Gestirn. Für südliche Gestirne wird δ negativ, weil wir den Beobachter auf der nördlichen Halbkugel annehmen. Der so gefundene Abstand von Zenith mufs wegen der Strahlenbrechung, corrigirt werden; — beim Monde und allen nicht zu weit entfernten Gestirnen kömmt hierzu noch die Correction wegen der Parallaxe. Setzt man die Strahlenbrechung bei Seite, so geht der Stern auf oder unter, wenn sein Abstand vom Zenith 90 Grade beträgt, also wenn Cos. der Zenithdistanz $= 0$, das ist $- \text{Cos.} (S - \alpha) = \text{Tang. } \varphi. \text{ Tang. } \delta$ ist. Will man aber die Strahlenbrechung, die ich als bekannt und im Horizonte $= u$ annehme, berücksichtigen, so mufs man für den scheinbaren Untergang die Zenithdistanz $= 90° + u$ setzen, weil wir den Stern erst im Horizonte sehen, wenn

er eigentlich schon in der Tiefe $= u$ unter dem Horizonte erscheinen sollte. Dann also ist, da $\text{Cos.}\,(90^\circ + u) = -\text{Sin.}\,u$ ist,

$$\text{Sin.}\,u = -\text{Sin.}\,\varphi\ \text{Sin.}\,\delta - \text{Cos.}\,\varphi\ \text{Cos.}\,\delta\ \text{Cos.}\,(S-\alpha)$$

woraus $\text{Cos.}\,(S-\alpha)$ gefunden wird.

Will man die Aenderung der Zenithdistanz eines gegebnen Sternes während einer sehr kurzen Zeit wissen, so kann man sich dazu der Differentialformel bedienen, und weil das Gestirn selbst in den meisten Fällen als seine gerade Aufsteigung und Abweichung nicht ändernd angesehen werden kann, die Aenderung der Zenithdistanz

$$= \frac{dS.\ \text{Cos.}\,\varphi.\ \text{Cos.}\,\delta.\ \text{Sin.}\,(S-\alpha)}{\text{Sin. Zenithdistanz}}$$

setzen[1]. Für die Sonne und in noch etwas stärkerem Maſse für den Mond kommen noch die durch die Aenderung von α und δ hervorgehende Glieder hinzu, die jedoch immer nur geringe in Vergleichung gegen jenes Glied sind.

Wenn man die Formel bloſs auf Fixsterne bezieht oder die Aenderung von α, δ, als $= 0$ ansieht, so ist die Aenderung des Abstandes vom Zenith gleich Null, erstlich wenn $\varphi = 90^\circ$ ist, unter dem Pole, wo die Gestirne mit dem Horizonte parallel gehn, zweitens wenn $\delta = 90^\circ$ ist, für den wahren Pol des Himmels, drittens wenn $S - \alpha = 0$ ist, oder der Stern sich im Meridian selbst befindet.

Fig. 12. Die Aenderung der Zenithdistanz wird am stärksten, wenn der Winkel ZSP am gröſsesten wird, oder eigentlich wenn sein Sinus am gröſsestem wird, und da man zu Zeitbestimmungen am liebsten diejenigen Stellungen des Gestirnes wählt, wo die Aenderung des Abstandes vom Zenith am schnellsten ist, so wird man jenen Zeitpunct nehmen müssen. Nun ist aber auch

$$\text{Sin. PSZ} = \frac{\text{Sin. ZP}}{\text{Sin. SP}}\,\text{Sin. PZS},$$

$$= \frac{\text{Cos.}\,\varphi.}{\text{Cos.}\,\delta.}\,\text{Sin. PZS}$$

und folglich ist der beste Zeitpunct der, wo Sin. PZS am gröſsten oder PZS möglichst nahe an 90 Graden ist. Bei

---

1 Für längere Zwischenzeiten giebt Littrow eine Formel in von Zach correspondance astronomique Vol. VI. pag. 425. (wo man jedoch 9 statt q lesen muſs und im letzten Gliede 105. $m^3\,\Theta^4$).

Sternen, die südlich vom Scheitel vorbeigehen, ist also der beste Zeitpunct der, wann ihr Azimuth 90 Grade ist; bei denen, die nördlich vom Zenith vorbeigehen, ist die Aenderung da am schnellsten, wo der Parallelkreis, den sie durchlaufen, vom Scheitelkreise berührt wird. *B.*

Abstand der Nachtgleiche vom Mittage.

Distantia aequinoctii a sole; distance de l'équinoxe au méridien; ist der in Graden oder in Stunden ausgedrückte Bogen des Aequators, um welchen im Augenblick des wahren Mittages der Frühlings-Nachtgleichenpunct ostwärts vom Meridian entfernt ist. Dieser Abstand ist also = 360° — gerade Aufsteigung der Sonne, wenn man ihn in Graden ausdrückt, und es ist leicht, ihn in Stunden auszudrücken, da in 1 Stunde 15 Grade durch den Meridian gehen. Dieser Ausdruck in Stunden giebt an, wie lange nach der Sonne der Frühlings-Nachtgleichenpunct oder der Nullpunct des Widders [0° ♈] zum Meridian gelangt.

In Bode's astronom. Jahrbuche findet man diesen Abstand unter dem Titel: Oestlicher Abstand 0 ♈ von der Sonne. Da er dort für Berlin angegeben ist, so muſs man an jedem andern Orte die dort angegebene Zahl um so viel ändern, als es dem Mittags-Unterschiede zwischen Berlin und diesem Orte in Vergleichung gegen die Aenderung in einem ganzen Tage gemäſs ist.

Man gebraucht diesen Abstand, um die Zeit der Culmination eines Sternes zu bestimmen, dessen gerade Aufsteigung bekannt ist; man addirt nämlich die gerade Aufsteigung des Sternes zu diesem Abstande und verwandelt die Summe in Zeit, um zu wissen, wie lange nach der Sonne der Stern in den Meridian gelangt. *B.*

Absteigung, gerade.

Descensio recta; Descension droite; *Right Descension;* ist mit der *geraden Aufsteigung* ganz einerlei. Eines Sternes gerade Absteigung ist nämlich der Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpuncte und dem Abweichungskreise, der durch jenen Stern geht, enthalten ist. Unter dem Aequator, wo die Sterne

gerade hinabsteigen, oder wo der von ihnen durchlaufene Bogen den Horizont senkrecht schneidet, geht dieser Punct mit ihnen zugleich unter, daher das griechische Wort: *Συγκαταδύσις* (gleichzeitiger Untergang) noch bezeichnender als Descensio oder Absteigung ist.

Absteigung schiefe; *Descensio obliqua;* Descension oblique; ist der Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpuncte, von wo an man die Grade des Aequators zählt, und dem mit einem Gestirne zugleich untergehenden Puncte des Aequators liegt.

Descensionaldifferenz ist der Unterschied zwischen der geraden und schiefen Absteigung eines Sternes, so dafs: schiefe Absteigung = gerade Abst. + Descens. Diff. ist. Hierbei wird die Descensionaldifferenz auf der nördlichen Halbkugel als positiv für nördliche und als negativ für südliche Sterne angesehen. Sie wird ebenso berechnet, wie die *Ascensionaldifferenz* (s. Ascensionaldiff.) und ist dieser gleich, wenn das Gestirn, während es über dem Horizonte ist, seine Stellung unter den Sternen nicht ändert. *B.*

Abstofsung.

Zurückstofsung; Repulsion; *Repulsio;* Repulsion; *Repulsion or repelling Power.* Es giebt eine Menge Erscheinungen in der Natur, worin die Körper gleichsam von einander abgestofsen, zurückgestofsen werden, sich fliehen. Dahin gehört vorzüglich das Verhalten gleichnamig elektrisirter Körper und der gleichen Pole der Magnete, die Ausscheidung verschiedener Stoffe durch chemische Processe und durch den Organismus lebender Wesen, und das anscheinende Trennen solcher Substanzen, welche sich nicht mischen lassen, als Fett und Wasser, oder sich nicht benetzen, als Quecksilber und Glas u. dgl. m. Vorzüglich hat man die Erscheinungen der Elasticität und noch mehr der Expansion, so wie endlich der Ausdehnung durch Wärme als sichere Aeufserungen einer *zurückstofsenden Kraft* ansehen wollen. Indem nun ferner die Phänomene der Schwere, Gravitation, Cohäsion, Adhäsion und chemischen Verwandtschaft sehr deutlich auf ein Bestreben der Materie nach gegenseitiger Verbindung oder auf *Attraction* führen,

und man diese sämmtlich nicht ohne Grund aus einer einzigen allgemeinen Kraft, der Anziehung[1], zu erklären versucht hat; so mufste dieses und die Beobachtung entgegengesetzter Phänomene geneigt machen, eine dieser entgegenwirkende Kraft der *Abstofsung* anzunehmen. So führte das Bestreben, die Erscheinungen der Elasticität und hauptsächlich der Expansion zu erklären schon seit den Zeiten des CARTESIUS[2] auf die Annahme einer zurückstofsenden Kraft. NEWTON[3] insbesondere nahm eine solche an und leitete daraus das Gesetz des Widerstandes der Luft gegen die zusammendrükkende Kraft ab, mit der vorsichtigen Verwahrung, dafs aus seiner geometrischen Demonstration die wirkliche Existenz einer solchen Kraft nicht gefolgert werden möge[4]. Vermittelst einer blofs geometrischen Demonstration dürfte man allerdings argumentiren, dafs die *Attraction*, falls sie bei den verschiedenen Stoffen verschieden ist, (worauf die chemische Affinität führen könnte) in ihrer ungleichen Stärke stets abnehmend gedacht, endlich = 0 werden oder verschwinden müfste, und nach dem Gesetze der Stetigkeit dann auch zum Negativen übergehen, mithin in *Abstofsung* verwandelt werden könnte[5]. Allein man mufs hierbei berücksichtigen, dafs eine einmal gegebene Kraft der Materie, wenn sie allgemein ist, ihrem Wesen nach niemals aufhören kann zu seyn und zu wirken, gesetzt auch dafs eine ungleiche Stärke derselben bei verschiedenen Stoffen durch die Erfahrung erwiesen wäre.

Eine wiederholt aufgestellte Hypothese, wonach eine Menge Phänomene aus einer Attraction erklärlich seyn sollen, welche in verschiedenen Entfernungen in Abstofsung und wieder in Anziehung übergeht, mithin bald positiv, bald negativ wird, darf hier nicht mit Stillschweigen übergangen

---

1 S. *Anziehung*.

2 S. *Elasticität*.

3 Princ. II. prop. 23.

4 Ebend. An vero fluida elastica ex particulis se mutuo fugantibus constent, quaestio physica est. Nos proprietatem fluidorum ex eiusmodi particulis constantium mathematice demonstravimus, ut philosophis ansam praebeamus, quaestionem illam tractandi.

5 Newton Opt. qu. XXXI. p. 321 ed. Cl.

werden. Dr. J. Keil[1] stellte nebst Friend diese Theorie auf, und suchte sie durch zahlreiche Anwendungen auf die Naturerscheinungen zu unterstützen. Später suchte Dr. Godwin Knight[2] die ganze Dynamik auf den Conflict zweier Kräfte, der *Attraction* und *Repulsion* zurückzuführen, und noch neuerdings zeigt Robison,[3] dafs eine bedeutende Kraft erfordert wird, um Glasplatten einander genügend zu nähern, wenn man die Newtonschen Farbenringe hervorbringen will, obgleich sie nach Huygens Versuche auch aneinander hängen, woraus folgt, dafs sich die Erscheinungen der Anziehung und Abstofsung innerhalb der Entfernungen von $\frac{1}{2400}$ und $\frac{1}{89000}$ eines englischen Zolles zeigen.[4] Auch Robison ist daher geneigt, eine abstofsende Kraft neben einer anziehenden anzunehmen. Thomas Young[5] erklärt sich nach Newton für die Existenz einer abstofsenden Kraft, wodurch die Körper von einander gehalten würden, und setzt ihre Stärke dem einfachen Verhältnisse des Abstandes proportional. Flüssige Körper sind nach ihm solche, worin die anziehende und abstofsende Kraft im Gleichgewichte stehen, woraus sich dann die leichte Verschiebbarkeit ihrer Theile erklären lasse. Auch Poison[6] meint, die Elasticität lasse sich am leichtesten aus einer Repulsivkraft erklären, welche den Molecülen der Körper eigen sey, und sich blofs in unmefsbare Ferne äufsere.

Newton's erwähnte Beschränkung seiner aufgestellten Behauptung ist indefs blofs als eine Folge der bescheidenen Vorsicht dieses tiefen Forschers anzusehen, welcher in allen seinen Behauptungen nur ungern über die nächsten Folgerungen aus unmittelbaren Erfahrungen hinausging. Dafs er aber die Existenz einer zurückstofsenden Kraft wirklich angenommen habe, geht unverkennbar aus seiner Erklärung der Zurückwerfung des Lichtes von spiegelnden

---

1 Phil. Tr. N. 315.

2 Phil. Tr. 1748.

3 System of Mechanical Philosophy. With Notes by Dav. Brewster Edinb. 1822. IV. Vol. 4. I. 258.

4 Eine genauere Erörterung dieser Sache S. *Cohäsion.*

5 Phil. Trans. 1805. I. p. 82.

6 Mém. de l'Inst. 1812 p. 171.

Flächen vor der wirklichen Berührung derselben hervor, desgleichen aus seiner Behauptung, dafs die durch Aufbrausen und Sieden, oder auf sonstige Weise als expandirte Flüssigkeiten erzeugten Substanzen nur durch eine solche Kraft das Bestreben äufsern könnten, einen stets gröfseren Raum einzunehmen, nachdem sie sich von den sie bildenden Körpern entfernt hätten.[1] Wirklich äufserte er auch rücksichtlich der letzteren Erscheinungen, man könne sich vorstellen, dafs die zurückstofsenden Kräfte da anfangen müfsten, wo die anziehenden aufhören, so wie in der Algebra die positiven Gröfsen durch Null zu negativen übergingen.

Diese Vorstellungsart wurde späterhin ziemlich allgegemein beibehalten,[2] wenigstens nicht wesentlich abgeändert, bis Immanuel Kant[3] auf dem Wege metaphysischer Speculation zu beweisen versuchte, die Materie könne nicht existiren und ihren Raum mit dem, gegen eindringende Körper geäufserten, Widerstande einnehmen, ohne eine zurückstofsende Kraft, und es sey daher absolut nothwendig, neben der, von ihm so benannten *Ziehkraft* (Anziehung) auch noch eine *Dehnkraft* (Abstofsung) als zwei, die Existenz der Materie nothwendig bedingende Grundkräfte anzunehmen, deren eine, die Anziehungskraft, durch den leeren Raum in die *Entfernung*, die andere, die Abstofsungskraft aber als Flächenkraft blofs in der *Berührung* wirke.[4] Die Anhänger des grofsen Philosophen, oder diejenigen, welche sich zu der nach ihm benannten *dynamischen Ansicht* der Naturlehre bekannten, führten seitdem die Erklärung der gesammten Naturphänomene auf den Conflict der beiden Kräfte zurück;[5] andere dagegen erhoben gegen die Annahme derselben überhaupt bedeutende Zweifel,[6] und im Auslande hielt man die ganze Frage nicht für wichtig genug, um sich

1 Optice ed. Clarke qu. XXIII. und XXXI.

2 Muschenbroek Int. II, §. 1202. sagt: Sed quid sit haec vis repellens, an electricitas, an alia ejus causa, non clare innotuit.

3 Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Riga 1787. 8.

4 a. a. O. p. 55.

5 Vorzüglich Hildebrandt Anfangsgründe d. dynam. Naturlehre. Erl. 1807. 2 Th. 8.

6 S. *Materie.*

in ernste Untersuchungen darüber einzulassen. Sehr vollständig aber, und mit einigen wichtigen Modificationen ist die kantische Dynamik neuerdings dargestellt durch Fries.[1] welcher in die Ferne wirkende abstofsende Kräfte annimmt, und zwar sowohl durchdringende, als auch Flächenkräfte, auf deren Conflicte mit den anziehenden der verschiedene Zustand der Körper als feste, tropfbar-elastisch- und strahlend-flüssige hervorgehen soll.[2]

Eine ausführliche Prüfung der Frage, ob es erforderlich sey, zur Erklärung gewisser Erscheinungen eine abstofsende Kraft anzunehmen, eine Würdigung der von Kant aufgestellten Argumente für die Annahme der beiden Grundkräfte nicht ausgeschlossen, hat J. T. Mayer[3] angestellt, deren Resultat verneinend ist. Seine Gründe sind weit mehr aus der Erfahrung hergenommen, und auf unleugbare Thatsachen gestützt, als diejenigen, wodurch Hennert[4] die Unmöglichkeit einer abstofsenden Kraft darzuthun sucht.

Wenn man von den Gründen gegen die Annahme der beiden kantischen Grundkräfte als die Existenz der Materie bedingend, abstrahirt, die Erklärung der elektrischen und magnetischen Repulsionen aus dem Wesen der Elektricität und des Magnetismus, ohne die Annahme einer allgemeinen abstofsenden Kraft, genügend darthut, den Mangel der Adhäsion einiger Körper an andern, und die chemische Ausscheidung gewisser Stoffe auf die überwiegende Anziehung der Bestandtheile dieser Substanzen unter einander im Verhältnifs der gegen andere Körper stattfindenden zurück führt,[5] welches alles an den gehörigen Orten untersucht wird; so fällt hiermit der gröfste Theil derjenigen Erscheinungen von selbst weg, deren Erklärung die Annahme einer zurückstofsenden Kraft zu fordern scheint. Indessen bleiben zwei Classen von Phänomenen übrig, welche nahe verwandt sind, und die Annahme einer abstofsenden Kraft weit

1 Die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Ein Versuch von J. F. Fries. Heidelb., 1822. 8. p. 510.

2 S. *Kraft*.

3 Gren. J. VII. 208.

4 Dissertations phys. et math. à Utrecht. 1778, p. 133—136.

5 Vergl. Carradori in Brugnatelli Giorn. VIII. 116.

mehr, wo nicht nothwendig zu fordern scheinen. Die erstere begreift das Verhalten der gesammten Körper rücksichtlich ihrer wechselnden Dichtigkeit, worauf unter andern namentlich auch Biot aufmerksam gemacht hat [1]. Kein Körper ist nämlich absolut dicht, indem die Verminderung der Wärme Zusammenziehung, mithin gröfsere Näherung der Bestandtheile hervorbringt. Der in allen Körpern stattfindende Abstand der Theile kann aber aus der Wirkung der Attraction allein nicht erklärt werden, indem hieraus vielmehr eine stets wachsende und zuletzt unendliche Dichtigkeit folgen würde, fordert vielmehr die Annahme einer entgegengesetzten, sie limitirenden, Kraft, welche dann keine andere, als eine abstofsende seyn könnte, und da diese Erscheinungen bei allen Körpern stattfinden, so müfste diese Kraft ebenfalls eine allgemeine seyn, wie die ihr entgegengesetzte Anziehung. Unter mehreren ist vorzüglich Biot geneigt, das Princip der *Wärme* (principe de la chaleur) als diese Kraft anzusehen, wodurch dasselbe aber, im Widerspruch mit verschiedenen Erscheinungen, aus der Reihe der materiellen Substanzen treten würde. Je nachdem aber die eine oder die andere dieser beiden Kräfte, nämlich Anziehung oder Wärme (als repulsives Princip gedacht) aus dem gewöhnlichen Zustande des Gleichgewichts heraustritt, indem sie durch äufsere Ursachen ein Uebergewicht erhält, soll dann nach ihm der Zustand der Körper wechseln, und Festigkeit, Flüssigkeit, Expansion, Elasticität, Härte, Krystallisation u. s. w. bedingt werden [2]; eine vorzüglich durch La Place aufgestellte und beharrlich vertheidigte Hypothese [3].

Mit dieser Ansicht am meisten übereinstimmend ist das Verhalten der Gasarten, welche sich mit Bindung von Wärme in einen gröfseren Raum ausdehnen und mit Ausscheidung derselben in einen geringeren zusammenpressen lassen. J. T. Mayer [4] hat auch diese Erscheinungen ohne die Annahme ei-

1 Traité de physique expérimentale et mathématique. Par. 1816. 4 Tom. 8. I. p. 5.

2 Biot a. a. O. Vorzügl. Libes in J. de Ph. XLIX. 413.

3 G. XXXIII.

4 a. a. O. bei Gren. VII. 216. 377.

ner zurückstofsenden Kraft zu erklären versucht, indem er, wie natürlich, davon abstrahirt, sowohl die Elemente der gasförmigen Körper für ursprünglich und ihrem Wesen nach abstofsend zu halten, weil sie unter Bedingungen fest werden, als auch anzunehmen, dafs dieselben aus kleinen elastischen Fäden beständen, wie etwa ein Schwamm, welcher sich gleichfalls durch Biegung seiner einzelnen Theilchen in einen engeren Raum zusammenpressen läfst, und bei nachlassendem Drucke den vorigen wieder einnimmt (jedoch nur bis zu einem gewissen Grade der Ausdehnung). Vielmehr sind nach ihm die Elementartheilchen der Gasarten als kleine Körperchen zu betrachten, welche, jedes von einer *Wärme-Atmosphäre* umgeben, diese durch Anziehung binden, und durch dieselbe von den andern Theilchen getrennt werden.[1] Mechanische Gewalt kann die Theilchen einander näher bringen, indem die Wärme gleichsam ausgeprefst und frei wird, und der Wiederstand gegen die zusammendrükkende Kraft wächst in dem Verhältnisse, als die näher liegenden, folglich stärker gegen die Elemente der Gasarten gravitirenden, Wärmetheile ausgetrieben werden, wie dann umgekehrt die Ausdehnung der Gasarten ein gröfseres Anhäufen der Wärme um die Elementartheilchen derselben nach sich ziehen mufs.

Man könnte auf den ersten Blick geneigt seyn, eine unerwartete Bestätigung dieser Hypothese in der später gemachten Entdeckung zu finden, dafs bei der Compression der Gasarten Wärme bis zur Entzündung frei wird. Allein die Sache ist dennoch so leicht nicht, als man hiernach glauben sollte, vielmehr liegt eine grofse, wo nicht unüberwindliche Schwierigkeit in der Bestimmung des eigentlichen Wesens der Wärme. Will man nämlich annehmen, dafs die Wärmetheilchen einen gewissen Raum zwischen den Atomen der Gasarten und übrigen Körper einnehmen, so würden sie sich im Verhältnifs der Compression der Gasarten näher kommen, und es müfste sonach die Elasticität derselben in gleichem Verhältnisse wachsen, abgesehen von der vermehr-

1 Diese Hypothese ist als die *Daltonsche* bekannt, weil sie später von Dalton wiederholt wurde. S. Ein neues System des chem. Theils d. Naturwissenschaft von J. Dalton. d. Ueb. Berl. 1812. I. 142.

ten Attraction der Atome der Gasarten durch gröfsere Näherung derselben, wonach also keine Wärme frei oder ausgeschieden werden könnte. Ist aber die Wärme selbst ein materielles Wesen, deren Theile einander gleichfalls durch mechanische Gewalt genähert werden könnten, so müfste dieser doch wieder eine ursprüngliche Repulsion eigen seyn, und dann wäre nicht abzusehen, warum man nicht lieber diese natürliche Abstofsungskraft directe den Bestandtheilchen aller Körper beilegen wollte, welche dann nur bei den expansibelen Flüssigkeiten gröfser anzunehmen wäre. Da es inzwischen ausgemachte Thatsache ist, dafs die Wärme alle Körper mit einer grofsen und mehr unendlichen Kraft ausdehnt,[1] und der Hypothese, aus dem Eindringen derselben in die Zwischenräume der verschiedenen Körper die Limitirung der allgemeinen Attraction zu erklären, aufser dem genannten Argumente kein gewichtiges entgegensteht; so beruhet die einzige grofse, und vielleicht für immer unüberwindliche Schwierigkeit einer consequenten Erklärung dieser Phänomene auf dem Mangel einer genaueren Kenntnifs des eigentlichen Wesens der Wärme. Leichter wird es indefs höchst wahrscheinlich immer seyn, die Wärme als das die Wirkungen der Attraction limitirende und bedingende Princip anzusehen, und die Wirksamkeit dieser letzteren auf die verschieden modificirte Anziehung derselben gegen die verschiedenen Körper zurückzuführen, insofern eine Menge unleugbare Thatsachen hierauf führen, als eine eigene und für sich wirksame *Abstofsungskraft* (Dehnkraft) anzunehmen, weil diese, und die ihr entgegengesetzte *Ziehkraft* sich gegenseitig aufheben, und sonach allezeit blofs die Differenz beider als wirksam zu betrachten wäre, wobei noch aufserdem wohl zu berücksichtigen ist, dafs bei der Annahme zweier solcher entgegengesetzter, die verschiedenen Körperphänomene bedingender, Kräfte noch ein drittes Etwas angenommen werden müfste, welches bewirkte, dafs die eine oder die andere ein Uebergewicht der Wirksamkeit erhielte, ohne welches die vorherrschende Thätigkeit sowohl der einen als auch der andern entweder völlig unbegründet und unmoti-

---

1 S. *Ausdehnung*.

virt, oder gar als das Resultat einer von Ewigkeit her bestehenden Reihenfolge der Dinge (harmonia praestabilita) anzusehen seyn würde. Man mufs daher die ganze Frage über die wirkliche Existenz einer der Anziehung entgegenwirkenden abstofsenden Kraft, eben wie über das eigentliche Wesen und die Beschaffenheit derselben als aufserhalb der Grenzen unserer gegenwärtigen Kenntnifs der Natur gelegen ansehen.

Bei der Erörterung dieses Gegenstandes darf nicht übersehen werden, dafs Olbers[1] die eigenthümliche Gestalt der Kometenschweife auf abstofsende Kräfte, sowohl des Kernes dieser Himmelskörper als auch der Sonne zurückführt, eine Vorstellungsart, welche einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit für sich hat, und im Allgemeinen auf repulsive Kräfte, namentlich der Wärme und des Lichtes führt. Zwar versucht Lehmann[2] die Gestalt der Kometenschweife blofs aus der Anziehung der Sonne und des Kernes gegen die Theile derselben, verbunden mit der Bewegung dieser Himmelskörper zu erklären; allein jene Vorstellung scheint bei genauerer Prüfung vorzüglicher als diese. Gesetzt aber auch, dafs man die Existenz einer abstofsenden Kraft durch diese Phänomene für begründet halten müfste, so zeigen sich dieselben zugleich in so weiten Fernen, dafs nur wenige Hoffnung vorhanden ist, das eigentliche Wesen der Abstofsung hierdurch näher kennen zu lernen[3]. *M.*

Abweichung, astronomische.

Declination der Gestirne; *Declinatio;* Declinaison; *Declination.* Der Abstand der Gestirne vom Aequator auf einem gegen den Aequator senkrechten Kreise abgemessen. Wenn durch die beiden Himmelspole P und p und den Stern S ein gröfster Kreis gezogen wird, so steht dieser Kreis senkrecht auf dem Aequator, weil er durch dessen Pole geht, und ist derjenige, welcher der *Ab-*

Fig. 12.

1 Monatl. Corr. XXV. 1 ff.

2 Disquisitiones nonnullae mechanicae de origine caudarum cometarum cet. Gott. 1822. 8.

3 Die Zurückstofsung und Zurückwerfung bewegter Körper von andern, namentlich elastischen Körpern, Flächen u. s. w. eben wie die Zurückwerfung des Lichtes, Schalles u. dgl. werden am gehörigen Orte abgehandelt.

weichungskreis, Declinationskreis, heifst, auf welchem der Abstand DS vom Aequator genommen und Abweichung genannt wird. Die Abweichung heifst *nördlich* (borealis), wenn der Stern zwischen dem Aequator und dem Nordpole ist, *südlich* (australis), wenn er sich zwischen dem Aequator und dem Südpole befindet. In der Formel nimmt man jene als positiv, diese als negativ an. Im Aequator ist die Abweichung $= 0$; im Pole $= 90°$.

Durch die *Abweichung* SD und *gerade Aufsteigung* O D ♈ wird der Ort eines Sternes vollkommen angegeben, daher hat man diese beiden Gröfsen in den Fixstern-Verzeichnissen für eine grofse Anzahl von Fixsternen eingetragen. Man findet die Abweichung durch unmittelbare Beobachtung, wenn man die Polhöhe des Ortes kennt, indem eines Sternes Abweichung gleich ist seiner im südlichen Meridian beobachteten Höhe, weniger der Aequatorshöhe. Es trifft nämlich in dem Augenblick, da ein Stern durch den Meridian geht, sein Abweichungskreis mit dem Meridian zusammen, und seine Abweichung ist, also der zwischen dem Aequator und dem Sterne liegende Bogen des Mittagskreises. Ist bei Beobachtungen auf der nördlichen Halbkugel der Erde die Mittagshöhe kleiner als die Aequatorshöhe, so hat das Gestirn südliche Abweichung. Erscheint der Stern nördlich vom Zenith über dem Pole, so zieht man die Aequatorshöhe von $90° +$ Zenithdistanz ab, indem $90° +$ Zenithdistanz dann der Abstand vom südlichen Horizont ist.

Wenn eines Gestirns Länge und Breite gegeben ist, so findet man seine Abweichung. Es sey Fig. 14. AQ der Aequator, EC die Ekliptik, OT die Länge $= \lambda$, TS die Breite $= \beta$ eines Sternes S, und OU $= \alpha$ seine Rectascension, US $= \delta$ seine Declination. Dann wird Tang. SOT $= \frac{\text{Tang.}\,\beta}{\text{Sin.}\,\lambda} = \text{Tang. w}$ und $\text{Sin.}\,\delta = \frac{\text{Sin.}\,\beta\,\text{Sin.}\,(w + e)}{\text{Sin. w}}$, wenn e $=$ EOA die Schiefe der Ekliptik ist. Für die Sonne, wo $\beta = 0$ ist, wird $\text{Sin.}\,\delta = \text{Sin. e. Sin.}\,\lambda$. Nach dieser Formel sind die in den Sonnentafeln für jede Länge der Sonne und in den astronomischen Kalendern für jeden Tag angegebnen Abweichungen der Sonne berechnet. Will man die Angabe des Kalenders mit einer Beobachtung der Mittags-

Fig. 14.

höhe der Sonne vergleichen, so muſs man auf den Mittags-Unterschied zwischen dem Beobachtungs-Orte und dem Orte, für dessen Mittag die Abweichung angegeben ist, Rücksicht nehmen; man sucht nämlich aus der während 24 Stunden statt findenden Aenderung der Abweichung, wie viel diese Aenderung in so viel Minuten, als der Meridianunterschied beträgt, ausmache.

Wegen der kleinen Aenderungen, die (durch Aberration. etc.) in der Länge und Breite eines Sternes zu berücksichtigen sind, so wie wegen Aenderung der Schiefe der Ekliptik erfordert die Abweichung eine kleine Correction, die durch folgende Formel angegeben wird.

1. Wenn sich bloſs die Länge um $d\lambda$ ändert, so ist für den Stern S', die Aenderung der Länge $= - d\lambda = T't'$, daher $S's' = - d\lambda \text{ Cos. } \beta$, und $s's'' = d\delta = d\lambda. \text{ Cos. } \beta. \text{ Sin. } T'S'U'$, weil $T'S'U' = s''S's'$ ist; dieser Winkel ist aber bekannt, da man im sphärischen Dreieck $PS'\Pi$ zwei Seiten $P\Pi = e$ und $S'\Pi = 90° - \beta$, mit dem eingeschlossenen Winkel $= 90° - \lambda$ kennt. (Fig. 13.)

2. Ist bloſs in der Breite eine Aenderung $= St = d\beta$ zu berücksichtigen, so ist für den Stern S, $d\delta = st = d\beta. \text{ Cos. } TSU$, wo nämlich Ss mit dem Aequator parallel ist, so wie vorhin $S's''$ mit dem Aequator, $S's'$ mit der Ekliptik parallel war. (Fig. 13.)

3. Für die Aenderung in der Schiefe der Ekliptik, die dadurch hervorgebracht wird, daſs der Aequator am Himmel von AOQ in aOq übergeht, ist $d\delta = U\nu = de. \text{ Sin } \alpha$, wenn $\alpha = OU =$ gerade Aufsteigung ist. Wenn alle drei Gröſsen sich ändern, so ist $d\delta$ aus der Summe dieser Formeln zusammengesetzt. (Fig. 14.)

Es kann vorkommen, daſs man die Abweichung eines Gestirnes aus seiner Höhe und Azimuth finden soll. Dann ist $ZS = 90° -$ Höhe, $PZS = 180° -$ Azimuth, $ZP = 90° -$ Polhöhe gegeben, und man findet $\text{Cos. } PS = \text{Sin. } \delta =$ (Fig. 12.)

$\text{Sin. } \varphi. \text{ Sin. } h - \text{Cos. } \varphi. \text{ Cos. } h. \text{ Cos. } \omega$, wenn h die Höhe, φ die Polhöhe, ω das Azimuth ist. Für den bei den jetzigen Beobachtungen selten vorkommenden Fall, daſs man die Abweichung eines Gestirnes aus seinen gemessenen Abstän-

den von zwei der Lage nach bekannten Sternen bestimmen soll, giebt Littrow Regeln[1]. *B.*

Abweichung der Magnetnadel.

Declinatio s. variatio acus magneticae; Declinaison de l'aiguille aimantée; *Variation of the compass.* Mit diesem Namen bezeichnet man den Winkel, welchen die Richtung einer freischwebenden Magnetnadel mit dem wahren Meridiane auf einer horizontalen Ebene bildet, oder den *Bogen des Horizonts zwischen dem wahren und dem magnetischen Meridiane.* Sie wird immer auf das *Nordende* der Magnetnadel bezogen, und als *östlich* oder *westlich* bezeichnet, wenn dieser Theil der Nadel nach Osten oder Westen des wahren Norden abweicht.

Zur Bestimmung der Abweichung wird also die genaue Kenntniſs des *wahren* und des *magnetischen* Meridians erfordert. Der Erstere wird durch astronomische Operationen gefunden[2]; den Letztern giebt die Magnetnadel selbst an. Daher wird diese auch in vielen Fällen, wo es nur um eine ungefähre Bestimmung zu thun ist, zur Orientirung von Gebäuden, von tragbaren Sonnenuhren etc. angewandt, um mit Zuziehung der bekannten Abweichung die wahre Mittagslinie anzugeben.

Die Methoden zur Bestimmung der Abweichung unterscheiden sich hauptsächlich durch den verschiedenen Grad der Genauigkeit, dessen sie je nach den Umständen fähig sind. Zur See, und auf Reisen in entfernten Ländern muſs man auf Feinheiten Verzicht leisten, die man auf Sternwarten oder zur physikalichen Untersuchung dieser Gegenstände nicht unberücksichtigt lassen darf. Die einfachste und allgemein gebräuchliche Art, zur See die Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen, ist folgende: Man beobachtet mit einem eigends dazu eingerichteten Compaſs[3] die Sonne, wann sie noch am Horizont ist, und bestimmt ihren Ort nach dem Compaſs.

---

1 Littrow. I. 226.
2 S. *Meridian.*
3 S. *Azimuthal-Compaſs*, Art. *Compaſs.*

Aus der bekannten Polhöhe, nebst Höhe und Abweichung der Sonne, berechnet man ihr astronomisches Azimuth, welches, mit der Angabe des Compasses verglichen, die Abweichung des Letztern angiebt. Die meisten Navigations-Bücher enthalten den Abstand der Sonne im Horizont vom wahren Ost- und Westpunct, (die Morgen- und Abendweiten[1]) für alle Breiten und Declinationen berechnet, und zugleich die Veränderung dieser Gröfsen für die ersten hundert Minuten Erhebung der Sonne über den Horizont. Statt der Höhe der Sonne kann man auch die wahre Zeit der Beobachtung zu Hülfe nehmen, was besonders zu Lande vorzüglicher ist, wo die Beobachtung so kleiner Höhen mit dem künstlichen Horizont nicht angeht.

Weit sorgfältiger mufs die Abweichung bestimmt werden, wenn es nicht um eine flüchtige Reisebeobachtung, sondern um die physikalische Festsetzung dieses wichtigen Gegenstandes der Erkenntnifs zu thun ist. Der astronomische Meridian wird da am besten vermittelst eines Passageninstruments, oder durch Azimuthe mit Hülfe eines Theodolithen bestimmt. Die Erforschung des magnetischen Meridians setzt zuerst eine grofse Beweglichkeit der Nadel voraus; die nur durch Aufhängung an einem ungedrehten Seidenfaden erhalten werden kann;[2] sodann ist nachzusehen, ob der magnetische Meridian mit der geometrischen Längenaxe der Nadel zusammenfalle, oder, was je nach örtlichen Härtungen des Stahls allerdings möglich wäre, dieselbe in einer schrägen Richtung durchschneide. Die Nadel mufs mithin um ihre Längenaxe sich umdrehen lassen; und da drittens ein eingetheilter Gradbogen das Tertium Comparationis ausmacht, so sind die Collimationen beider Meridiane mit demselben auszumitteln.

Diese Bedingungen lassen sich entweder durch das Declinatorium von Cassini mit Gambey's Verbesserungen, oder

1 S. *Abendweite.*

2 Die erste Idee, die Magnetnadel an einem feinen, ungedrehten Faden aufzuhängen, gehört dem Jesuiten FRANZ LANA zu. Auch räth er an, das Ganze mit einer Glasglocke zu bedecken, und über das Ende der Nadel ein Mikroscop aus zwei Linsen mit einem dazwischen gespannten Faden zu setzen. S. Acta Erudit. A. 1686. p. 560. Ed. Veneta.

durch eine andere Vorrichtung erreichen, welche mit der von Prony[1] einige Aehnlichkeit hat. Auf dem Alhidaden-kreise eines eingetheilten Kreises AB, der durch drei Stell-schrauben s, s, s, horizontal gestellt werden kann, befindet sich das Gestell DE, auf welchem ein Fernrohr FG nach Art der Passageinstrumente in den Lagern LL' sich bewegt, und dessen Axe auf gewöhnliche Weise nivellirt wird. Zwischen den nämlichen Säulen DE hängt senkrecht unter der Axe des Fernrohrs an einem feinen Faden, der in einer gläsernen oder messingenen Röhre eingeschlossen ist, die cylindrische Hülse H, deren Axe horizontal liegt. In dieser läſst sich der Magnetstab NS mit einiger Reibung bewegen, so daſs er um seine Längenaxe gedreht werden kann. An beiden Enden der Nadel ist ein kupferner Ring angelöthet, in welchem ein Spinnefaden in der Längenrichtung der Nadel ausgespannt ist. Das Ganze ist von einem hölzernen Kästchen umschlossen, welches bei I und I' mit Fensterchen aus Spiegelglas, oder auch aus Marienglas versehen ist, und zugleich mit den Säulen auf dem Alhidadenzapfen festsitzt. Die Mikrometerschraube M dient, um Passageinstrument und Kästchen in beliebige Azimuthal-Richtung zu bringen.

Fig. 15.

Beim Gebrauche dieses Instruments ist allererst erforderlich, das Fernrohr auf gewohnte Weise zu berichtigen. Die Axe desselben muſs nivellirt, und der mittlere Verticalfaden in die optische Axe des Objectivs gebracht werden, was durch Umwenden des Fernrohrs und Visiren nach einem hinreichend entfernten Gegenstande bewerkstelligt wird. Alsdann neigt man das Fernrohr so viel, daſs man einen auf dem Ende der Nadel bemerkten feinen Strich oder den erwähnten Spinnenfaden erblickt; dreht hierauf die Mikrometerschraube der Alhidade und verschiebt entweder das Fernrohr nach der Richtung seiner Queraxe, oder den Aufhängepunct des Fadens, der die Nadel trägt, so lange, bis der Verticalfaden im Mikrometer des Fernrohrs mit den Spinnefäden an *beiden* Enden übereintrifft.

In dieser Lage giebt das Fernrohr die Richtung der Nadel an, welche dann auf der Kreiseintheilung bemerkt wird;

1 J. de Ph. XLIV. 474.

um diejenige des Magnetismus *in der Nadel* zu erhalten, dreht man sie in der Hülse H so, daſs ihre untere Fläche nach oben kömmt, und nachdem man vermittelst der Mikrometerschraube M die Fäden wieder zur Coincidenz gebracht hat, notirt man den Winkel: das astronomische Mittel aus beiden Ablesungen giebt die wahre Richtung des magnetischen Meridians selbst auf dem Kreise zu erkennen. Hat man eine Meridianmarke (Mire) am Horizonte, und befindet sich das Instrument in der Mittagslinie derselben, so kann man hiermit directe die Abweichung des magnetischen Meridians vom Astronomischen finden. Steht das Instrument auſserhalb jener Linie, so ist eine Reduction aufs Centrum erforderlich.

Da, wo jene Meridianmarke fehlt, bestimmt man nach astronomischen Methoden das Azimuth eines bemerkbaren Gegenstandes, oder, wenn man eine genaue Zeitbestimmung hat, so beobachtet man den Durchgang irgend eines Gestirnes, entweder im Meridiane oder auſser demselben, und berechnet im letztern Falle sein Azimuth. Offenbar müſste man, da hier das nämliche Fernrohr bald auf ganz nahe, und bald auf sehr entfernte Gegenstände gerichtet wird, das Objectiv desselben bedeutend verschieben können. Dieses könnte jedoch kaum ohne eine Verrückung der optischen Axe bewerkstelligt werden. Man begegnet dieser Schwierigkeit nach Arago's Vorschlage dadurch, daſs man hinter dem Objectiv, das zum Fernsehen eingerichtet ist, eine Linse von kleinerem Durchmesser befestigt, von derjenigen Brennweite, daſs sie das Bild eines nahen Gegenstandes auf das Fadennetz wirft. Will man auf die Nadel visiren, so setzt man eine Blendung vor, die nur die Strahlen in der Mitte des Objectives durchläſst; wird hingegen das Instrument auf den entfernten Gegenstand gerichtet, so deckt man jene Strahlen durch ein Scheibchen von angemessener Gröſse, und gestattet nur den Randstrahlen den Eingang. Durch besondere Versuche auf zwei in Einer Linie liegende Objecte von ungleicher Entfernung muſs dafür gesorgt werden, daſs die optischen Axen der beiden Objective genau zusammen fallen.

Die Kostbarkeit eines solchen Werkzeuges, die vielen Berichtigungen, die dabei erfordert werden, die Störungen,

welchen die Nadel vom Einflusse so vieler Messingtheile ausgesetzt ist, veranlassen uns, einen Apparat zu beschreiben, der, obwohl merklich einfacher, an Genauigkeit, jenem in Nichts nachsteht.

In einer Marmorplatte MM', welche durch drei Stellschrauben s, s, s, horizontal gestellt werden kann, befindet sich der messingene Zapfen eines Sectors, welcher eine genaue Kreiseintheilung trägt, und durch eine Schraube ohne Ende in Bewegung gesetzt wird. Auf demselben befindet sich ein hölzernes Kästchen KK', in welchem die Magnetnadel an einem Seidenfaden schwebt, und das an seinen beiden Enden mit verticalen Fenstern von Marienglas versehen ist. An der Nadel selbst, ist das Objectiv nebst dem Ocular und Fadenkreuz eines Fernrohrs A A' befestigt, dessen Röhre der gröſsern Leichtigkeit wegen weggelassen ist. Zur Umwendung der Nadel dienen die zwei Stifte q und r in der Mitte derselben, welche in den Haken am Faden eingehängt werden. Auswendig, zur Seite am Kasten, befindet sich ein zweites Fernrohr B, welches eine Vertical-Bewegung hat, und ebenfalls im Ocular ein Fadenkreuz trägt. In der Zeichnung ist nur ein Theil seines Objectivs sichtbar.

Fig. 16.

Fig. 17.

Beim Gebrauche des Instruments stellt man die Marmortafel ungefähr in den magnetischen Meridian, dreht dann den Sector so viel, daſs die Nadel, welche durch angeklemmte Drathstücke horizontal gemacht wird, so ziemlich in der Mitte des Kästchens schwebt, und bemerkt, wenn sie zur Ruhe gekommen ist, durch die Fenster, denjenigen Gegenstand des Horizonts, auf welchen der Faden des an ihr befestigten Fernrohres hinweist. Alsdann dreht man vermittelst der Mikrometerschraube V das Kästchen um so viel, daſs das zweite Fernrohr B ebendenselben Gegenstand im Mikrometer durchschneidet, auf welchen das magnetische Fernrohr A hinweist. Nachdem man auf der Eintheilung den Winkel abgelesen hat, öffnet man den Deckel des Kästchens, und kehrt die Magnetnadel um, so daſs sie *unter* das Fernrohr A zu liegen kömmt. Auf die nämliche Weise, wie vorhin, bringt man sodann das Fernrohr B in die Richtung des magnetischen Fernrohrs, und bemerkt auf der Eintheilung seine Stelle. Das arithmetische Mittel beider Ablesun-

gen giebt die wahre Lage des magnetischen Meridians in Beziehung auf den Nullpunct der Eintheilung. Hat man nun eine Meridianmarke, oder kennt man das Azimuth eines vom Meridian nicht allzu entfernten Gegenstandes, so ist es leicht, die Abweichung der Magnetnadel zu finden, indem man das Fernrohr B auf denselben richtet, und den Winkel ablieset. Ist einmal durch Umwenden der Collimationsfehler des Fernrohres und der Nadel bestimmt worden, so ist es nicht nöthig, diese Beobachtung zu wiederholen, auch kann durch Verschiebung des Mikrometers oder durch eine aus den Figuren leicht ersichtliche, mit dem Schräubchen *vv* zu bewirkende Verrückung des Objectivs dieser Fehler ganz aufgehoben werden. Es ist leicht einzusehen, daſs beide hier beschriebenen Instrumente auch zur Beobachtung der täglichen Aenderung der Abweichung gebraucht werden können; und in Beziehung auf diese muſs bemerkt werden, daſs man zu verschiedenen Tageszeiten beobachten muſs, um die wahre Abweichung zu erhalten.[1] Für Beobachtungen zur Nachtzeit möchte jedoch das dort beschriebene Instrument den Vorzug verdienen, da das hier beschriebene die Erleuchtung eines entfernten Objects voraussetzt.

Fig. 18. Fig. 19.

Wer die Abweichung der Magnetnadel zuerst wahrgenommen habe, ist unbekannt. Columbus Sohn, Ferdinand, in seiner Italienisch verfaſsten Lebensbeschreibung seines Vaters (Venedig 1571.) behauptet, daſs dieser den 14ten Sept. 1492. die Abweichung beobachtet habe. Thevenot jedoch spricht in seiner Reisebeschreibung[2] von einem lateinischen Briefe des Peter Adficer, welcher schon im Jahr 1269 eine Abweichung von 5 Graden beobachtet haben will. Vermuthlich ist dieses die kleine lateinische Abhandlung, die Cavallo auf der Universitätbibliothek zu Leyden sah, und aus welcher er im Supplemente zu seinem Werk über den Magnetismus einen kleinen Auszug giebt. Sie ist vom 8ten August 1269. datirt, und ist, wenn es mit diesem Datum seine Richtigkeit hat, dadurch merkwürdig, daſs in derselben nebst einem guten Theil unsinnigen Zeugs die

1 Vergl. unten, tägliche Aenderung der Abweichung.

2 Recueil des Voyages. Par. 1681. 8.

wichtigsten Kenntnisse über diesen Gegenstand enthalten sind. So sind daselbst die Gesetze der magnetischen Anziehung, die Mittheilung dieser Kraft an das Eisen, die Eigenschaft des natürlichen Magnets, oder des von ihm berührten Eisens, sich nach Norden zu richten, und eben seine Abweichung vom wahren Norden klar und unzweideutig ausgesprochen. Ein so wichtiges Document hätte wohl verdient, vollständig mitgetheilt zu werden, um so mehr, da selbst dreihundert Jahre später noch Zweifel gegen die Wirklichkeit einer Abweichung erhoben wurden, indem man, wie neuerlich bei den Einwirkungen des Schiffeisens auf die Boussole, die beobachtete Anomalie auf Rechnung der Instrumente und des Beobachters setzte. Erst gegen die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts überzeugte man sich von der Richtigkeit dieser Entdeckung, so wie auch davon, dafs die Abweichung an verschiedenen Orten des Erdbodens verschieden sey.

Hatte die Anerkennung der magnetischen Abweichung überhaupt erst späten Eingang gefunden, so dauerte es ungleich länger, bis ihre Veränderlichkeit an einem und demselben Orte bemerkt wurde. Obgleich man in Paris schon in den Jahren 1541, 1550, 1580, und 1603. vier verschiedene Abweichungen gefunden hatte, deren Unterschied bis auf 3,25 Grad ging, und obgleich zu London die Abweichung von 1580 bis 1622 um $5\frac{1}{3}$ Grad abgenommen hatte, so war doch Hellibrand im Jahr 1634 der Erste, der die Veränderlichkeit der Abweichung bestimmt erkannte. Anfänglich hielt man diese Veränderungen für gleichförmig, bis genauere Vergleichungen das Gegentheil lehrten. Selbst die Meinung, dafs sie für den Zeitraum von wenigen Tagen unmerklich sey, wurde durch P. Tachard's Versuche, die er im J. 1682 zu Siam machte, widerlegt, bis endlich im J. 1722 der Mechanicus Graham bemerkte, dafs die Magnetnadel nicht nur von einem Tage zum andern, sondern selbst von Stunde zu Stunde ihre Richtung verändere.

Die Wichtigkeit, welche die genaue Kenntnifs der Abweichungen der Magnetnadel an verschiedenen Stellen der Erde, für die Schiffahrt im Allgemeinen und besonders auch, bei dem damaligen Mangel der bessern Methoden, für die Bestimmung der geographischen Länge zur See hatte, wen-

dete diesem Gegenstande die Aufmerksamkeit der Seefahrer, Physiker und später selbst der Regierungen in besonderem Grade zu. Der Erste, der hierüber ausgedehntere Forschungen anstellte, ist HALLEY, der im J. 1683 eine Theorie der Abweichung des Compasses herausgab. Im Jahr 1698 gelang es ihm endlich, durch Verwendung beim König Wilhelm, das Commando eines kleinen Schiffes zu erhalten, mit dem Auftrage, das Gesetz der magnetischen Abweichungen ausfindig zu machen und die Längen und Breiten der Englischen Niederlassungen in Amerika zu bestimmen. Er verreiste den 24. November jenes Jahres, kehrte aber, weil nach der Durchfahrt unter der Linie, seine Leute krank geworden waren, und zugleich sein Lieutenant sich empört hatte, schon im Juny 1699 zurück. Der Lieutenant wurde verhört und cassirt, und Halley zog im November desselben Jahres wieder aus, durchkreuzte das Altantische Meer in verschiedenen Richtungen, und kam im September 1700 mit einer reichen Ausbeute von Beobachtungen zurück, die ihn in den Stand setzten, im folgenden Jahre seine allgemeine Uebersichtscharte der Abweichungen in diesem Meere herauszugeben. Seinem Beispiele sind seither die meisten Physiker, welche mit diesem Gegenstande sich beschäftigten, gefolgt, indem sie für verschiedene Epochen die Puncte gleicher Abweichung auf den Weltkarten durch krumme Linien verbanden.

Die vollständigsten Charten dieser Art finden wir in dem im J. 1819 herausgegebenen Hauptwerke über den Magnetismus von CHRISTOPHER HANSTEEN[1]. Von den daselbst befindlichen Abweichungscharten theilen wir die drei von den Jahren 1600, 1700, und 1800 mit[2], aus welchen sich auf den ersten Blick die bedeutenden Aenderungen ersehen lassen, denen diese Erscheinung unterliegt. Auf denselben sind vornehmlich zwei Linien ersichtlich, in welchen die

1 Untersuchungen über den Magnetismus der Erde. Mit fünf Kupfert. und einem Atlas von 7 Charten, nebst einem Anhange, welcher Beobachtungen der Abweichung und Neigung der Magnetnadel enthält. Christiania, 1819. 4. Siehe über dieses Werk eine treffliche Recension in der Hallischen Litteraturzeitung. J. 1822. No. 129. u. f.

2 S. Taf. II. III. u. IV.

Magnetnadel nach dem wahren Norden gerichtet ist, und deren Eine das Atlantische Meer, die Andere Neuholland und die Ostküste von Asien in einer fast nordwestlichen Richtung durchzieht. Zwischen diesen Linien reiner Abweichung drängen sich von Norden und Süden her die Linien der zunehmenden und der gröfsten Abweichung hinein.

Eine ganz besondere Gestaltung hatte die *Linie ohne Abweichung* im atlantischen Meere im J. 1600. Vom Vorgebirge der guten Hoffnung in einer etwas nordwestlichen Richtung aufsteigend, biegt sie sich in Afrika nach Nordost um, und zieht in einer meist nördlichen Richtung von Tripoli, unten an Italien durch Ungarn, Polen über Petersburg nach Lappland hinauf, wendet sich daselbst westlich und südwestlich an Island und den Azorischen Inseln vorbei nach der Nordküste von Südamerika, in welcher sie bei Surinam eintritt, und westlich das neue Festland durchstreifend, unterhalb der Landenge von Panama in die Südsee fällt. Besonders merkwürdig ist die Verengung, die sie im 20sten Grad nördlicher Breite erhält. Dadurch wird das Gebiet der östlichen Abweichung im nördlichen Theile des Atlantischen Meeres enger begrenzt, und die Curven gleicher Abweichung von 3 bis 9 Grad bilden geschlossene Ellipsen, deren statisches Centrum England ist, so dafs es dort wohl kaum einen Punct gab, wo die Abweichung 10° betragen hätte. Man glaubt hier offenbar das Zusammenwirken dreier Kräfte zu erkennen, deren eine die andere neutralisirt. Besonders mächtig zeigt sich aus der schnellen Zunahme der Abweichung diejenige, welche ihren Sitz in Nordamerika zu haben scheint; schwächer die bei Nova-Semlia, und die südliche bei Sandwichland.

Die andere *Linie keiner Abweichung* steigt durch die Mitte von Neuholland hinauf, nimmt ihren Weg durch die Insel Borneo, längs der Ostküste des chinesischen Reiches nordwestlich laufend. Auf diese Weise schliefsen diese Linien keiner Abweichung so ziemlich die drei Theile der sogenannten alten Welt ein, und sind durch einen Raum von etwa 120 Längengraden getrennt: für die übrigen zwei Dritttheile des Erdumfanges, in der Südsee, fehlen uns die Beobachtungen. Doch möchte nach den spätern Ergebnissen

zu schliessen, etwa in der Mitte zwischen den beiden genannten Linien, zwar nicht eine *Linie*, wohl aber ein Punct, eine Region der Nichtabweichung statt gefunden haben.

Im Laufe des siebzehnten Jahrhunderts trat eine bedeutende Aenderung bei derjenigen Scheidungslinie ein, die durch das atlantische Meer sich hinaufzieht. Leider fehlt es uns an Zwischenbeobachtungen, um den Gang dieser Transfiguration zu verfolgen, doch zeigen einige Angaben aus den Jahren 1620 und 1670, dafs der *östliche Zweig* jener Curve sich ziemlich schnell vorwärts bewegte, während dem der *nordöstliche Scheitel* südwärts geschoben wurde, wodurch jene Krümmung sich öffnete, und der westliche Schenkel verschwand. Ganz unbedeutend ist dagegen die Aenderung der Scheidungslinie, die durch das Chinesische Meer geht: sie geräth aber, wie sich aus Hansteens interessanten Zeichnungen ergiebt, im vierten Decennium des folgenden Jahrhunderts in ähnliche Bewegungen, wie früher diejenige im atlantischen Meere. Mit dem Fufse in der Mitte Neuhollands gleichsam feststehend wird sie am obern Theile, der die Ostküste von China bestrich, rasch nach Westen und dann nach Süden eingebogen, so dafs sie die Gestalt einer Flasche annimmt, deren Boden im 85sten Grad von Greenwich sich bis zum 10ten Grad südlicher Breite herabsenkt, und deren Hals in 30° nördlicher Breite und in 100° östlicher Länge im Chinesischen Reiche sich befindet. Immer an der Mitte von Neuholland mit geringen Verrückungen festhaltend, zog sich sodann der *östliche Schenkel* der Curve südwärts, wodurch jene Verengung sich öffnete; während dem der *westliche Schenkel* bis 1800 um etwa 40 Grade ostwärts zog, um die Inseln von Japan und Sachalin sich nordwestlich umbiegend. Wahrscheinlich hängt er mit einer dritten *Curve der Nichtabweichung* zusammen, welche in Sibirien von Casan nach Irkutzk sich zieht.

Indem diese Abweichungscharten uns eine sehr interessante Uebersicht des Conflictes der Kräfte gewähren, welche die Richtung der Magnetnadel an verschiedenen Stellen der Erde bestimmen, weisen sie nun zugleich auf diejenigen Puncte hin, von welchen diese Kräfte auszugehen scheinen. Man kann sie *magnetische Pole* oder wie Hansteen richtig

bemerkt, *magnetische Convergenzpuncte* nennen. So weist die starke westliche Abweichung in der Hudsonsbay und ihre schnelle Zunahme, verglichen mit den östlichen Abweichungen in der Behringsstrafse auf einen Punct in der Baffinsbay, wo diese ungleichen Richtungen sich durchkreuzen. Eine ähnliche Verengung findet sich auch unterhalb Neuholland; eine dritte im Süden vom Cap Horn; und eine vierte im Sibirischen Eismeere. Hat man gute Beobachtungen in der Nähe eines solchen Pols, so läfst sich seine Länge und Breite auf der Erdkugel folgendermafsen ausmitteln. Es sey P der Pol der Erde, A der gesuchte magnetische Pol, L und M zwei Orte von bekannter Länge und Breite, in welchen die Abweichungswinkel PLA und PMA beobachtet worden sind, so findet man aus den Polardistanzen der Oerter PL und PM, und ihrem Längen-Unterschied, dem Winkel LPM, ihre Distanz LM nebst den Winkeln PLM und PML; sodann sucht man im Dreieck ALM aus der Basis LM und ihren anliegenden Winkeln eine der Seiten AL oder AM; wobei der Winkel ALM = (PLM — Abw.) und AML = (PML + Abw.); endlich aus AL mit der Polardistanz des Ortes PL und der Abweichung PLA die Polardistanz PA des Magnetischen Poles, und den Winkel APL, welcher den Längenunterschied des magnetischen Poles A und des Beobachtungsortes L ausdrückt. Auf diese Weise kann man aus je zwei Beobachtungen die Lage eines magnetischen Convergenzpunctes berechnen, wobei denn die Uebereinstimmung der Resultate einen Mafsstab ihres Zuverlässigkeit giebt. Hansteen hat diese Rechnung mit grofser Sorgfalt geführt, und findet aus mehreren Beobachtungen nachstehende Positionen der vier Magnetpuncte A, B, a, b für das Jahr 1800, nebst ihrer jährlichen Verrükkung und den daraus abgeleiteten Perioden[1].

Fig. 20.

Magnetpunct.	Abstand vom Pol.	Jährliche Veränderung	Länge von Greenw.	Jährliche Veränderung	Umlaufszeit.
A.	20° 53′ S.	+ 0,′ 8.	134° 8′ O.	— 4′, 7.	1609 Jahre.
B.	20 7 N.	+ 0, 8.	93 33 W.	— 12, 5.	1740 —
a.	12 10 S.	— 1, 3.	130 28 W.	+ 16, 6.	1304 —
b.	4 35 N.	+ 0, 7.	131 43 O.	+ 25, 1.	860 —

1 S. Taf. V.

Hiebei bezeichnet A den Pol im Süden von Neuholland, B denjenigen in Nordamerika; a den im Süden vom Cap Horn; und b den Pol im Sibirischen Eismeere. Die jährlichen Veränderungen sind aus Vergleichung mit frühern, oft weniger genauen oder allzuentfernten Beobachtungen abgeleitet; es sind daher nach Hansteens Bemerkung, die Breitenveränderungen, weniger zuverlässig, als die Längen[1]. Aus dem Bisherigen ergiebt sich als offenbare Thatsache, dafs, wie schon HALLEY erkannte, *vier* solcher Convergenzpuncte auf der Erdoberfläche sich befinden, welche alle innerhalb der Polarzone liegen. Zugleich erhellet, dafs ihre Ortsveränderung meist nach der Richtung der Länge geschehe, wobei die nördlichen Pole nach Osten, die südlichen nach Westen sich bewegen, die Pole B und a schneller als die beiden andern[2].

Nimmt man mit HANSTEEN an, dafs A und B die Pole einer grofsen magnetischen Axe, a und b die einer schwächern Axe seyen, so ergiebt sich 1. „dafs diese Axen keine Erd„diameter, sondern blofse Chorden seyen"; 2. „dafs die „ganze Axe AB sich von der Erdaxe entfernt; die Axe ab „sich derselben nähert, weil die annähernde Bewegung ih„res Südendes stärker ist, als die entfernende ihres Norden„des". Es bleibt uns noch übrig, nachzuweisen, wie durch die Bewegung dieser vier Magnetpuncte die Erscheinungen der Abweichung hervorgebracht wurden, welche auf den gegebenen Charten dargestellt worden sind[3]. Berechnen wir

1 Hansteen macht darauf aufmerksam, dafs diese Convergenzpuncte nicht die eigentlichen *Magnetpole* seyen, sowohl weil die zu der Bestimmung eines solchen Punctes gebrauchten Beobachtungen, wenn sie nicht sehr nahe bei demselben sind, auch von den andern Anziehungspuncten influenzirt seyn können, als auch aus noch andern Gründen, die mit der Vorstellung wirklicher Magnetaxen in Verbindung stehen.

2 Man mufs sich hierbei durch die scheinbar grosse Längenänderung, die nahe am Pol auch einem geringen durchlaufenen Wege zukömmt, nicht irre machen lassen.

3 Um sich eine deutliche Vorstellung dieser Combinationen zu machen, ist es am besten, die Magnetpuncte auf einem Globus aufzutragen. Merkators Charten, wenn sie schon richtige Winkel geben, sind hiezu nicht genügend.

also aus den obigen Elementen den Stand der Magnetpuncte für 1600, so erhalten wir

	für A.	für B.	für a.	für b.
Breite.	18° 13′ S.	17° 27′ N.	14° 30′ S.	2° 15 N.
Länge.	119 48 O.	135 14 W.	75 8 W.	48 3 O.

Der Punct A befand sich demnach im Meridian von Van Diemens - Land in 72° südlicher Breite. B ein paar Grade nördlich von der Mündung des Mackenzie - Flusses; a um 20 Grade südlich vom Cap Horn; und b beinahe im Norden von Spitzbergen und nur zwey Grade vom Nordpol abstehend. Mithin waren die stärkern Pole A und B in der Südsee, die schwächern a und b im Atlantischen Meere vorherschend. Da wir nach den Gesetzen der magnetischen Anziehung (wie oben beim Artikel: *Ablenkung* gezeigt worden,) der Südhälfte der Erdkugel Nordpolarität, der nördlichen Südpolarität zuschreiben müssen, so zog jeder der beiden Puncte, A und a, das Südende der Nadel zu sich hin, und so erhielt die Nadel zwischen Afrika und Neuholland eine nordwestliche, zwischen Afrika und Amerika eine nordöstliche Richtung. Beim Vorgebirge der guten Hoffnung stand die Nadel zwischen beiden sollicitirenden Kräften im Gleichgewicht, und war ohne Abweichung. Senkrecht über den Puncten A und a, im Norden von Neuholland traf die Richtung der magnetischen Anziehung mit dem Meridian zusammen, mithin entstand daselbst wieder eine Linie der Nichtabweichung. Das Nämliche fand beim Magnetpunct a, im Westen von Südamerika statt.

Auf der Nordhälfte der Erde konnte der nahe am Erdpol etwas östlich liegende Magnetpunct b nur eine höchst geringe östliche Abweichung bewirken; die Wirkung des südlichen Pols a wurde also durch den stärkern und gleichsam auf der Flanke angreifenden Punct B von Norden her beschränkt. So entstand jene Annäherung und Vereinigung der Linien ohne Abweichung im nördlichen atlantischen Ocean, die später mit der Fortrückung der Pole wieder verschwand.

In der Südsee verursachten die Pole A und B eine entschiedene östliche Abweichung, welcher der Pol a nur ge-

ringe, der Pol b so viel als gar keine westliche Richtung entgegensetzen konnte, so daſs sein Wirkungskreis nicht über die Ostgrenze von Asien hinausging.

Da im Verlauf der Zeit die südlichen Pole nach Westen, die nördlichen ostwärts sich bewegten, so muſste auch das südöstliche Ende der Indifferenzlinie von der Südspitze Afrika's nach Westen verschoben werden. Der Pol B näherte sich dem atlantischen Meere in einer Richtung, welche die Nordostküste von Labrador bestrich, und den Aequator etwa im 30sten Grad westlicher Länge traf, während dem der Pol b sich in einer beinahe nördlichen Richtung von diesem Meere entfernte. Die schnelle Wanderung des Poles a verminderte seinen Einfluſs auf das nördliche atlantische Meer, und so gewann in diesem, und in ganz Europa die vom Punct B bedingte westliche Abweichung die Oberhand.

Jeder Magnetpunct wird von einer Linie durchschnitten, in welcher der Compaſs keine Abweichung zeigt, diese ist die Richtung seines Meridians. Die durch Neuholland gehende Nichtabweichungslinie änderte also ihre Lage nur in so weit, als sie der Verrückung des Poles A nach Westen nachfolgte. Starke Abweichungen konnten nur zur Seite desselben im Südindischen Ocean statt finden, weniger im Südmeere, weil da die Nähe des Poles a entgegen wirkte. Aehnliche Schwankungen dieser Linie bewirkte der nach Osten wandernde nördliche Pol b, dessen Wirkungen durch den nur 20 Grade hinter ihm stehenden mächtigen Pol B verändert wurde.

Gegen das Ende des achtzehnten Jahrhunderts war der südamerikanische Pol a bis zum 120sten Grade westlicher Länge fortgerückt. Es sollte also in der Richtung seines Meridians eine Linie ohne Abweichung sich bilden; allein einerseits zog der im Westen stehende australische Pol A das Südende der Nadel zu sich, und bewirkte dadurch selbst nahe beim Pol a starke östliche Abweichung, die erst bei gröſsern Entfernungen von beiden Polen verringert wurde, andrerseits zog in der nördlichen Hemisphäre der östlicher liegende nordamerikanische Pol B nach Osten hin. Dadurch entstand im Jahre 1770 ein System von concentrischen

Ellipsen[1], deren Mittelpunct im 120sten Grade westlicher Länge von Greenwich und im 18ten Grade südlicher Breite lag, und das Minimum der (östlichen) Abweichung, nämlich 2 Grade betrug. Endlich entwickelte sich durch das Zusammenwirken des sibirischen Poles b und des Nordamerikanischen, B, jene kreisförmige Linie ohne Abweichung, im asiatischen Rufsland, die wahrscheinlich mit der Indifferenzlinie, welche die Ostküste von Asien bestreicht, in Verbindung steht.

Dieses ist im Allgemeinen das Factische der Erscheinungen, unter welchen der Magnetismus der Erde in der magnetischen Abweichung sich darstellt. Den Versuch einer Erklärung, oder einer auf ein glaubwürdiges Princip gestützten Theorie, wenn dieses nicht zu gewagt ist, müssen wir bis zum Artikel *Magnetismus* versparen, weil, wie auch Hansteen mit Recht bemerkt, die sämmtlichen Erscheinungen des Magnetismus, Abweichung, Neigung, und Intensität zusammengefafst werden müssen, um eine genügende Theorie zu begründen, und jede Erklärung, die nur Einer dieser drei Gestaltungen des Magnetismus sich anpafst, als einseitig angesehen, und so lange in Zweifel gestellt werden mufs, bis ihre Tauglichkeit auch für die Uebrigen erwiesen ist. Diese Bemerkung trifft allerdings alle bisher aufgestellten Theorien; allein sie gereicht ihren berühmten Urhebern keineswegs zum Vorwurf, weil nicht Mangel an Umsicht, sondern Mangel an Beobachtungen über magnetische Neigung und Intensität es war, was ihren Blick auf das blofse Phänomen der Abweichung beschränkte. Hansteen gebührt das Verdienst, die gröfste Menge von Thatsachen zusammengetragen, und die Aufgabe in ihrer ganzen Ausdehnung erfafst zu haben. Aus seinen Untersuchungen, in welchen Gründlichkeit und Scharfsinn mit unermündlichem Fleifse und mathematischem Geschick vereint sind, geht überzeugend hervor, dafs die magnetischen Erscheinungen sich nicht durch die Annahme einer einzigen Magnetaxe genügend erklären lassen. Hansteen nimmt deren zwei an,

---

1 S. Hansteen Unters. Kupfert. Tab. II. die Abweichungscharte für 1770.

die eine stärkere, die wir oben mit AB bezeichnet haben, von Van Diemensland bis zur Hudsonsbay gerichtet, die andere schwächere ab vom Südamerikanischen Pole bis zum Sibirischen Eismeere. Das Verhältniſs ihrer Kraft schätzt er wie 7 : 4, ihre Länge fällt nach ihm zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ des Erddiameters, so daſs ihre Enden beträchtlich von der Oberfläche entfernt sind. Er sucht zu zeigen, daſs die Annahme bloſs *lineärer* Magnetaxen den Erscheinungen nicht genüge, sondern daſs man sie als Cylinder von beträchtlichem Durchmesser annehmen müsse. Wenn wir auch diesem gelehrten Physiker in demjenigen, was er von der Unzulänglichkeit der frühern Theorien sagt, Beifall geben müssen, wenn wir überzeugt sind, daſs er viel tiefer, als alle seine Vorgänger, in den Gegenstand eingedrungen sey, so können wir dennoch nicht verhehlen, daſs auch diese Erklärungsmittel uns noch einiges zu enthalten scheinen, was durch die Erscheinungen nicht als nothwendig indicirt ist. Wir rechnen dahin namentlich die Voraussetzung wirklicher magnetischer *Axen*. Es wäre allerdings unstatthaft, bei einem so evident dualistischen Wesen, wie der Magnetismus ist, an *unipolare* Magnete zu denken; allein die magnetische Spannung könnte wohl eben so gut durch die Oberfläche der Erde, wie durch das Innere statt finden; ja die repulsive Kraft dieses Fluidums und die oben[1] angeführte Thatsache aus Barlows Versuchen über seine Verbreitung auf der Auſsenfläche der Körper scheint uns eher auf den erstern Weg der Mittheilung zu verweisen. Ueberhaupt dürfte man, wenn man die täglichen Wechselbewegungen der Magnetnadel, ihre Störung durch das Nordlicht, und den durch Oersted's Entdeckungen erwiesenen Zusammenhang des Magnetismus mit der Elektricität in Erwägung zieht, die Idee, daſs der Magnetismus der Erde nicht ein mineralisches Inhärens derselben, sondern gleich der Elektricität, oder vielleicht gar *durch dieselbe* ein Erzeugniſs des durch die Sonne angeregten Luft- und Wasserprocesses sey, nicht mehr so fremdartig finden. Die Magnetpole sind dieser Vorstellung nach nichts als Condensationspuncte des über

1 S. Art. *Ablenkung*; Sätze über den Magnetismus der Lage, Sz. 10.

die ganze Erde zerstreuten magnetischen Fluidums, von südlicher Polarität auf der einen, von nördlicher auf der andern Erdhälfte; eigentlich nicht Puncte, sondern *Regionen* eines concentrirten Magnetismus, was mit Hansteens Magnetcylindern von beträchtlichem Durchmesser übereinstimmt, und auch der Gestaltung eines meteorischen Fludiums gemäfs ist. Warum sie ihren Sitz im Eismeere haben, welches ihr Zusammenhang mit dem Polarlichte sey, was ihre Wanderung bedinge[1], läfst sich für einmal eben so wenig ausmachen, als die Frage, warum ihrer zwei auf jeder Erdhälfte sich befinden[2]. Allerdings läfst sich dabei auch an kosmische Einwirkungen, z. B. einen magnetischen Einflufs der Sonne denken, und auch Hansteen ist geneigt, die Ursache der magnetischen Erscheinungen eher aufserhalb der Erde zu vermuthen[3]. Zahlreichere und vollständige Beobachtungen über magnetische Abweichung, Neigung und Intensität am magnetischen Aequator und in der Nähe jener Convergenzpuncte, vermehrte Entdeckungen über das Wesen der elektrischen Flüssigkeiten, diese sind es, die uns unter der Leitung eines auf wohlerkannte Thatsachen gegründeten mathematischen Räsonnements auch hierüber zu bessern Einsichten führen werden.

Dafs wir hier auf solche Theorien, die entweder nur die Abweichungsphänomene einzelner Orte betrachten, oder die mit einer einzigen Magnetaxe auszureichen gedenken, oder die gar von magnetischen Planeten sprechen, die im Innern der Erde umlaufen sollen, uns nicht einlassen, bedarf nach dem oben angeführten keiner Rechtfertigung. Wenn es überhaupt wohlgethan ist, bei Theorien physikalischer Gegenstände keine Voraussetzungen zu gestatten, welche dem Gange, den die Natur in andern Erscheinungen befolgt, allzu unähnlich wären, so ist dieses unerläfsliche

1 Sollte diese vielleicht mit dem Vordringen der Kälte nach Osten seit dem 11ten und 12ten Jahrhundert, welches die Entvölkerung Grönlands bewirkte, in einigem Zusammenhange stehen?

2 Hansteen hält es für möglich, dafs die eine magnetische Axe durch ein Wechselverhältnifs zwischen Sonne und Erde, die andere zwischen Mond und Erde erzeugt worden sey.

3 pag. 98. und p. 500. seines Werkes.

Pflicht bei einer Untersuchung, in welcher wir von dem eigentlichen physischen Bestande der Erscheinung selbst noch gar keinen Begriff haben [1].

Veränderung der Abweichung.

Unter dieser Benennung begreift man die kleinern, meist periodischen Aenderungen der Richtung der Magnetnadel, welche im Lauf eines Tages vor sich gehen, und als bloſse Störungen ihres mittlern Standes anzusehen sind. Ihre Beobachtung erfordert weit genauere Werkzeuge, als die gewöhnliche absolute Bestimmung der Abweichung; dagegen erspart sie die astronomischen Methoden zur Bestimmung des wahren Meridians; und da es hier nur um Differenzen der Richtung sich handelt, so kömmt auch die Kenntniſs der magnetischen Axe der Nadel nicht in Betracht. Man begnügt sich, die Nadel an einem einfachen Seidenfaden aufgehängt, durch zwei Mikroskope zu betrachten, die auf ihre Enden gerichtet sind. Coulomb hat hiezu eine Einrichtung angegeben, die in Fig. 21. dargestellt ist. Die Mikroskope sind hier an Schiebern befestigt, deren Verrückung durch eine Mikrometerschraube und eine Eintheilung gemessen wird. Bei der Beobachtung werden dieselben so lange verschoben, bis die in ihrem Innern befindlichen Kreutzfäden auf die Enden der Nadel eintreffen. Die Nadel selbst, an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt, befindet sich in einem viereckigen Kästchen, dessen Deckelstück von Spiegelglas ist. Das Ganze wird auf einer unverrückbaren steinernen Unterlage befestigt. So einfach und gerade zum Zweck führend diese Einrichtung erscheint, so dürften sich doch in der Ausübung zwei wesentliche Mängel zeigen. Der eine besteht in der Unmöglichkeit, die Mikrometerschrauben der Mikroskope zu bewegen, ohne dem Apparat

Fig. 21.

---

1 Man sehe Gilberts Ann. der Physik die Bände 19, 20, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 35, 57, 65. 75, in welchen sehr viele Abweichungsbeobachtungen, auch verschiedene Theorien der Abweichung vorkommen. Das Hauptwerk über diesen Gegenstand bleiben die oft berührten „Untersuchungen über den Magnetismus der Erde" von Chr. Hansteen, in welchen sich zugleich auch eine sehr reichhaltige Sammlung von magnetischen Beobachtungen befindet.

selbst und mithin auch der Nadel eine Erschütterung mitzutheilen, die, so gering sie auch seyn möchte, doch bei der Kleinheit des zu messenden Aenderungswinkels (10 bis 20 Sec.) nicht anders als störend sich erweisen müfste; der Andre liegt in der Voraussetzung einer absoluten Festigkeit der Unterlage. Gegen diese streiten die Erfahrungen, welche man über die Verrückung astronomischer Instrumente von ungleich soliderer Befestigung gemacht hat; und selbst, wenn der Stein wirklich unverrückbar wäre, so möchten doch die Mikroskope durch die verschiedene Dilatation der Steinplatte und des Metalles, mit welchen sie beiderseits zusammenhängen, zuweilen Dehnungen erleiden, für welche sich schwerlich Rechnung tragen liefse. Zur Beobachtung des Einflusses der Nordlichter ist diese Einrichtung vollends untauglich, weil es unmöglich wäre, mit der Mikrometerschraube die plötzlichen oft bedeutenden Sprünge der Nadel zu verfolgen.

Es ist daher für Beobachtungen dieser Art unumgänglich nothwendig, dafs man ohne weitere Stellung oder Schiebung die Bewegungen der Nadel directe nach einer Eintheilung bestimme, welche man zugleich mit derselben durch das Mikroskop selbst erblickt. Dieses läfst sich auf zweierlei Weise bewerkstelligen: entweder vermittelst eines Glasmikrometers, das im Brennpunct des Oculars im Mikroskop befestigt ist; oder auch durch eine feine Eintheilung auf den Enden der Nadel selbst. Bei Anwendung der erstern Methode ist es dienlich, die Enden der Nadel nach Gambey's Vorschlage mit einem Ringe zu versehen, in welchem ein feiner Metalldrath in der Richtung der Nadel ausgespannt ist. Bei dieser Einrichtung wird man ihre Stelle immer noch mit Sicherheit erkennen, selbst wenn wegen der zuweilen eintretenden Hebungen und Senkungen des einen oder andern Endes derselben ihr optisches Bild nicht ganz deutlich wäre, und dieses ist wohl der wichtigste Vorzug des Glasmikrometers; dagegen ist die Beobachtung auf ein Feld von ein paar Graden beschränkt, so dafs man nur in mittlern Breiten den Einflufs der Nordlichter mit einem solchen Werkzeuge beobachten kann. Die andere Methode ist hingegen allgemein für Aenderungen von wenigen Secunden

bis zu mehrern Graden anwendbar. Allein man muſs, wenn etwa durch die Wirkung der Kälte die Nadel aus ihrer horizontalen Lage gewichen ist[1], im Stande seyn, durch aufgelegte Gewichte sie in dieselbe zurückzubringen. Die Garantie der Unverrückbarkeit erhält man am besten durch ein Fernrohr, das, mit den Mikroskopen fest verbunden, nach einem entlegenen Object gerichtet ist.

Aus diesen Grundsätzen ergiebt sich folgende Construction eines Declinatoriums für die Beobachtung der täglichen Aenderungen. AA' ist ein starker viereckiger Rahmen von Messing oder Kupfer, welcher um das Centrum I beweglich, am Schwanzstück S vermittelst der Schrauben vv in beliebiger Richtung befestigt wird. Auf demselben wird eine dicke Messingplatte BBB aufgeschraubt, welche die Mikroskope MM' trägt, und zwei viereckige Oeffnungen als Fenster hat. An dieser Tafel B ist von unten der Glaskasten GG' befestigt, welcher in der Zeichnung als ganz durchsichtig dargestellt ist, in der Ausführung jedoch am besten aus hölzernen Rahmen zusammengesetzt wird. Er ist unten mit einem dünnen Boden versehen, und steht schwebend von der Steinplatte um die Dicke des Stückes S ab. Auf der entgegengesetzten Seite des Kästchens befindet sich der Träger T für die Glasröhre, in welcher die Nadel ns an einem Seidenfaden aufgehängt ist. Sein Fuſsstück, das einen Halbkreis bildet, steht auf einem nur eben auf der Tafel hervorragenden Stifte, und wird durch drei Stellschrauben, p; p; p, von denen eine in der Zeichnung sichtbar ist, auf dieselbe niedergezogen, so daſs man durch veränderte Neigung des Trägers den Mittelpunct der Nadel jederzeit in die Linie der Mikroskope zurückführen kann, ohne die Letztern selbst im Mindesten zu stören. In der obern Fläche des Gestelles A und der Tafel B befindet sich ein geräumiges kreisrundes Loch, um der Röhre R freien Durchgang zu gestatten. Zur Abhaltung des Luftzuges wird die Röhre R mit einem leichten messingenen Kragen K umgeben, dessen Durchschnitt die nebenstehende Figur dar-

Fig. 22.

---

1 S. unten vom Einflusse der Kälte und Feuchtigkeit auf die Magnetnadel.

stellt. Dieser ist auf der Fläche B nur lose aufliegend, und mag nöthigenfalls mit irgend einer weichen Substanz, z. B. mit Sammt in seinen Zwischenräumen ausgefüttert werden. Auf jedem Ende der Nadel n s wird ein dünner Streif von Silber, als Gradbogen aufgeschraubt, welcher auf Minuten getheilt ist. Wäre der Abstand des Endes der Nadel vom Mikroskop stets unveränderlich, so könnte man die Intervalle der Eintheilung gröfser machen, und statt eines bloßsen Absehfadens im Mikroskop einen Vernier auf Glas anbringen. Für eine Nadel von 1 Fuſs Länge sollte die optische Vergröfserung nicht unter 20 bis 30mal betragen. Beim Gebrauche muſs man durch beide Mikroskope beobachten; aus dem Unterschied der Angaben läſst sich erkennen, ob etwa der Mittelpunct der Nadel excentrisch geworden sey. Noch ist das Versicherungs-Fernrohr zu bemerken, welches auf dem Deckel B in genauer Verbindung mit den Mikroskopen angebracht wird. Es kann auch, wenn man es vorzieht, nur in zwei Lager L L' gelegt werden, welche in der Zeichnung zu sehen sind. Daſs alle metallenen Theile des Instrumentes aus reinem, neubereitetem, ohne Zusatz von Feilspähnen gegossenen Messing verfertigt werden müssen, bedarf wohl keiner besondern Erinnerung.

Vorschläge, um durch Combination mehrerer Nadeln die Verrückungen gröſser zu machen, sind von G. Bidone [1], und von Biot [2] angegeben. Es möchte jedoch von ihnen das Nämliche gelten, was man von den Mitteln, die Barometerveränderungen sichtbarer zu machen, bemerkt hat: sie vergröſsern die Bewegung auf Kosten der Zuverläſsigkeit, und in den Händen des geübten Physikers ist das einfachste Instrument zugleich auch das genaueste. Eine evidente Bestätigung dieses Satzes findet man in einer Abhandlung Barlow's [3]. In dieser wird weitläufige Rechenschaft gegegen von den misglückten Versuchen, durch Schwächung der ge-

1 Mém. de l' Acad. de Turin. 1811. p. 142. Uebers. in Gilb. Ann. der Physik. T. 64. p. 374.

2 Précis élément. de Physique 2. d. Ed. Vol. II. p. 100.

3 Philos. Trans. for 1823. p. 326. and im Anszuge in Poggendorfs Ann. der Ph. und Ch. Bd. I. p. 329.

wöhnlichen dirigirenden Kraft des Magnetismus vermittelst seitwärts angebrachter Magnete, die täglichen Aenderungen bemerkbarer zu machen. Die Bewegungen der Nadel wurden allerdings bedeutend vergröfsert, aber sie zeigten zugleich auch solche wiedersprechende Anomalien, dafs man die Hoffnung aufgeben mufste, auf diesem Wege zu brauchbaren Resultaten zu gelangen.

Die erste Entdeckung der *täglichen Veränderung der magnetischen Abweichung* wurde im J. 1683 von dem Jesuiten Tachard in Siam gemacht; die der *stündlichen* Aenderung hingegen im März 1722 von dem Instrumentenmacher Graham in London. Obgleich dieser seine Entdeckung schon in den Philos. Transactionen von J. 1724 bekannt machte, und durch Anführung einer grofsen Zahl von Beobachtungen aufser Zweifel gesetzt hatte, so blieb sie dennoch unbenutzt, bis im J. 1740 der Schwedische Naturforscher Andr. Celsius in Upsula sie durch neue und zahlreiche Beobachtungen, in welchen er von dem Prof. Hiorter unterstützt wurde, erweiterte. Ihm folgte im J. 1749 Peter Wargentin in Stockholm, A. 1756 Canton in London und 1765 Wilke in Stockholm. In den siebziger Jahren erwachte plötzlich ein allgemeines Interesse für diesen Gegenstand. Es beobachteten: Wilke in Stockholm (1771 — 1774); Lous in Kopenhagen (1765 — 1772) Asclepi in Rom (1772); Cotte in Montmorency (1774 — 1775) und Van Swinden in Franeker (1771 — 1775)[1]. Mit verbesserten Werkzeugen lieferte Cassini[2] eine neue Reihe von Beobachtungen von 1783 bis 1789; und am vollständigsten endlich Gilpin von den Jahren 1786 und 1787, und später in vierteljährigen Terminen bis 1805[3]. In neuerer Zeit hat der Oberst Beaufoy fortgehende Abweichungsbeobachtungen angestellt, welche in Thomsons Annals of Philosophy zu finden sind. Einzelne kürzere Reihen von Beobachtungen wurden in entlegenern Gegenden von folgenden

---

1 Das Geschichtliche ist hier gröfstentheils nach Hansteen (Untersuch. über den Magnetismus der Erde p. 438 und folg.).

2 Des Variations de l'aiguille aimantée par M. Cassini 1791.

3 Philos. Transact. 1806. Gilpin beobachtete 16 Monate lang 12 Stunden des Tages; Cassini nur etwa alle 8 Tage.

Beobachtern angestellt. Von dem Admiral LÖWENÖRN in Holmeshafen auf Island (64° 9′ N. und 22° 27′ W. v. Gr.) im J. 1786. Von dem Missionär Andr. GINGE auf der Colonie Godthaab in Grönland (64° 10′ N. und 53° 30′ W. v. Gr.) in den Jahren 1786 und 1787; von Samuel WILLIAMS und Stephan SEWALL zu Cambridge in den J. 1781, 1782 und 1785[1]. Von John MACDONALD auf Sumatra in den J. 1794 und 1795, und auf St. Helena 1796. Neuerlich noch auf Franklins Landreise nach dem westlichen Polarmeere von dem Lieut. R. HOOD im März, April, u. Mai 1820.

Das Ergebnifs so vieler Beobachtungen[2] läfst sich in folgende wenige Sätze zusammenfassen.

1. Die horizontale Magnetnadel verändert ihre Richtung *von Stunde zu Stunde*; wohl auch in noch *kleinern* Intervallen; sie hat überdem eine *tägliche* und eine *monatliche*, oder, wenn man lieber will, *vierteljährige* Schwankung.
2. Die Nadel vollendet in etwa 12 Stunden eine Oscillation: sie ist nämlich in Europa des *Nachts etwa um 2 Uhr am Oestlichsten* u. *Nachmittags um 2 Uhr am Westlichsten*[3].

---

1 Memoires of the American Academy Vol. I. et III.

2 In Allem über *Dreifsigtausend*. Celsius und Hiorter machten mehr als 10000, Canton etwa 7000, Gilpin etwa 6000, wohl eben so viel Wilke. Rechnet man für die Uebrigen: Wargentin, Lous, Van Swinden, Cassini für jeden nur 2000, so hat man 35000 Beobachtungen.

3 Beinahe allgemein wird angenommen, dafs die tägliche Aenderung eine Ebb- und Flut-Bewegung befolge, d. h. in 24 Stunden zwei Oscillationen mache. Die Nadel soll nehmlich vor Abends um 8 Uhr bis 2 Uhr Morgens ebenfalls *westlich* gehen, und bis um 8 Uhr Morgens auf den östlichen Stand zurückkehren. Allein dieses ist mit den Durchschnittszahlen aus Gilpin's zweijährigen stündlichen Beobachtungen im Widerspruch. Diese geben nehmlich die westliche Abweichung 243°.

Um	6 U. Morg.	10′, 4	10 U. —	17′, 1	2 U. NM.	27′, 2	8 U. Ab.	17′, 4
	7 —	12, 7	Mittag	25, 8	4 —	22, 8	10 —	17, 1
	8 —	13, 5	1 U. —	27, 3	6 —	19, 0	11 —	16, 8

Die Nadel ist demnach von 2 Uhr N. M. bis Nachts um 11 Uhr in beständigem Rückgang nach Osten gefunden worden, und hat selbst dann noch nicht den östlichern Stand von 6 Uhr Morgens erreicht. Wilke drückt sich hierüber so aus: „Die Nadel bewegt sich des Morgens bis „8 und 9 Uhr meist langsam nach Westen; von 9 bis 11 Uhr fängt sie „an schneller zu gehen, und eilt dann zwischen 12 und 3 U. ihrem Wen-

3. Etwa von 6 bis 8 Uhr des Morgens, wie des Abends, scheint sie einen *Ruhepunct* zu haben; geht dann aber (besonders am Tage) im Sommer von 8 bis 12 Uhr, im Winter von 10 bis 1 Uhr mit schnellerer Bewegung nach Westen, als sie des Nachmittags von da zurückschreitet. Eine Tafel dieser Aenderungen im J. 1787 findet sich in den Philos. Transact. f. 1806 [1].

4. So wie die Bewegungen der Nadel des Tages stärker sind, als des Nachts, so sind sie auch *beträchtlicher im Sommer als im Winter*. Nimmt man in Gilpins so eben erwähnter Tafel II. aus den mittlern stündlichen Stellungen der Magnetnadel die Beobachtungen von 7 und 8 Uhr und eben so die von 1 und 2 Uhr zusammen, so erhält man folgende Werthe nebst ihren Unterschieden [2]:

Monat	7^u 8^u	1^u 2^u	Diff.	Monat	7^u 8^u	1^u 2^u	Diff.
Jan.	23° 14′,1	24′,3	10′,2	Julius	23° 6′,5	26′,0	19′,5
Febr.	14,0	24,3	10,3	August	8,4	27,6	19,2
März	11,7	26,6	14,9	Sept.	10,7	26,1	15,4
April	8,1	25,5	17,4	Oct.	12,3	26,6	14,3
Mai	5,2	24,1	18,9	Nov.	13,8	25,5	11,7
Junius	5,7	25,3	19,6	Dec.	14,5	22,8	8,3

Es ergiebt sich hieraus, 1., dafs in den Sommermonaten die tägliche Oscillation beinahe das Doppelte von der im Winter stattfindenden beträgt. 2., dafs jedoch der Stand der Nadel im Maximo (wie die dritte Columne zeigt) nach

„depunct nach Westen zu. Von da kehrt sie nach Osten zurück mit abnehmender Geschwindigkeit bis 6, 7 und 9 U. Abends, da sie gleichsam eine Weile ruht, aber wieder zwischen 10 und 12 U. etwas nach Osten rückt, und öfters zwischen 12 und 3 U. in der Nacht noch einen Schritt *ostwärts* thut, um nach einigem Verweilen daselbst, am Morgen wieder nach Westen zu wandern. *Zuweilen* kömmt dabei der Umstand vor, dafs die Nadel während ihres Ganges nach Osten bisweilen schon um 7 oder 8 U. gewöhnlich aber zwischen 9 und 12 U. des Abends, einen kleinen Rückschritt von einigen Minuten nach Westen thut, doch, ohne sich dabei aufzuhalten, ihren Gang nach Osten vollführt". S. Hansteen Unters. p. 432.

[1] Uebers. in Gilb. Ann. der Ph. Bd. 29 p. 392. und ebenso in Hansteen's Unters. p. 455.

[2] Hiebei ist die jährliche Zunahme der Abweichung = 6,8 Min. nach Verhältnifs der Monate abgezogen.

den Jahreszeiten weniger veränderlich ist, als ihre Lage in den Morgenstunden. Cassini's Beobachtungen, die er von 1784 bis 1788 je zu 8 Tagen über die östliche und westliche Digression anstellte, geben für die einzelnen Monate folgende Mittelwerthe[1]:

Monat	Maximun der oestl. Digression.	Maximun der westl. Digression.	Diff.	Monat	Maximun der oestl. Digression.	Maximun der westl. Digression.	Diff.
Jan.	17',7	28',0	10',3	Juli	10',4	23',7	13,3
Febr.	18,9	29,7	10,8	Aug.	10,7	24,8	14,1
März	19,2	33,5	14,3	Sept.	12,2	26,6	14,4
April	21,0	36,2	15,2	Oct.	17,2	29,5	12,3
Mai	17,9	32,5	14,6	Nov.	16,6	26,9	10,3
Juni	11,8	25,3	13,5	Dec.	18,2	27,3	9,1

Die Differenzen in der vierten Columne zeigen keinen übereinstimmenden Gang; doch ergiebt sich auch hier eine gröfsere Schwankung im Sommer als im Winter.

5. Die in Europa herrschende westliche Abweichung ist *im Sommer geringer als im Winter*. Dreifsigjährige Beobachtungen in Stockholm geben folgende Mittelgröfsen für die einzelnen Monate[2]:

Jan.	15°	63',4	Juli	15°	56',8
Febr.	-	63,8	Aug.	-	57,1
März	-	61,3	Sept.	-	57,3
April	-	60,3	Oct.	-	57,6
Mai	-	57,7	Nov.	-	58,8
Juni	-	56,3	Dec.	-	62,0

Hierbei war die absolute Abweichung im Jahr 1786 = 15° 37'; kam 1791 und 1792 auf 16° 23'; fiel bis 1803 auf 15° 48'; erhob sich 1808 auf 16° 20', und war 1815 = 15° 47'. Die jährliche Aenderung ist also hier für nichts zu rechnen.

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich, dafs die Abwei-

---

1 Ich habe diese aus der Tafel in Hansteens Unters. p. 440 ausgezogen, und wegen der jährlichen Zunahme von 11,3 Min. verbessert.

2 Ich habe diese Mittel aus denjenigen der einzelnen Jahre ausgezogen, welche Hansteen (Unters. T. II. p. 143.) aus den Original-Beobachtungen gegeben hat.

chung in den Sommermonaten, und selbst bis zum Spätjahr *unter* dem jährlichen Mittel sich hielt, daſs sie hingegen in der kältern Jahreszeit merklich gröſser war. Das Sommersolstitium bezeichnete den östlichen Stand der Magnetnadel; die Monate Januar und Februar den westlichsten. Wenn man die Curve dieser Aenderungen mit derjenigen der Temperaturen vergleicht[2], so läſst sich die bemerkenswerthe Uebereinstimmung nicht verbrennen, die besonders für die erstere Hälfte des Jahres statt findet. Allerdings nimmt vom Solstitium an die Abweichung wieder zu, wie Cassini bemerkt hat, welcher in dem rein astronomischen Stande der Sonne dasjenige suchte, was vielleicht in dem Gange der durch sie bewirkten Erwärmung zu finden ist: allein diese Zunahme ist unbedeutend, und wird erst mit dem plötzlichen Eintritt des Winters auffallend.

Fig. 23.

Nimmt man aus den oben in No. 4. angeführten östlichen und westlichen Digressionen der Nadel nach Cassini's Beobachtungen das arithmetische Mittel, so erhält man folgenden monatlichen Gang der Abweichung:

Jan.	22',9	April	28',6	Juli	17',0	Oct.	23',4
Febr,	24,3	Mai	25,2	Aug.	17,8	Nov.	21,7
März	26,4	Juni	18,6	Sept.	19,4	Dec.	22,8

Auffallend sind hier die groſsen relativen Zunahmen im April und October, welche jedoch bei einer längern Reihe von Jahren wegfallen dürften. Dagegen sind auch hier die Monate der gröſsten Wärme (vom Junius bis September) diejenigen der geringsten Abweichung. Aus Gilpins Tafeln läſst sich die monatliche Aenderung nicht herleiten, weil er durch Cassini's Bemerkung über den Einfluſs der Aequinoctien und Solstitien sich bestimmen lieſs, den Weg der unbefangenen Beobachtung zu verlassen, und für die Reihe von Jahren von 1786 bis 1805 nur in den Monaten März, Juni, Juli, September und December die Abweichung zu notiren.

6. Die in No. 4. bemerkte *tägliche Aenderung* ist noch beson-

[2] Diese ist aus dem graphischen Tableau in G. Wahlenbergs de Vegetatione et Climate in Helvetia Septentr. Turici. 18:3. 8. entnommen, und ums Dreifache verkleinert.

dern *jährlichen Schwankungen* unterworfen, über deren Ursache wir im Dunkeln sind. Im Jahr 1787 betrug sie, wie oben bemerkt worden, im Sommer 19′,6; im Winter 8′,3. Dagegen fielen diese Aenderungen im Jahr 1798 auf 10′ und auf 2′,7 herab. Ganz die nämlichen Gröſsen fanden noch Beaufoy's Beobachtungen noch im Jahr 1814 statt.

7. Auch die jährliche Fortschreitung zeigt beträchtliche, doch ziemlich regelmäſsige Ungleichheiten; wiewohl auch in dieser gewisse Fluctuationen vorkommen, die, so unerklärlich sie vor der Hand seyn mögen, doch nicht bloſs auf Rechnung der Beobachtung zu setzen sind.

8. Die *Zeit des Maximums* der Abweichung, die in Europa auf 2 Uhr N. M. fällt, ist *keineswegs dieselbe in andern Weltgegenden*, und die hierin vorkommende Verschiedenheit läſst sich auf keine Weise durch die Meridiandifferenz der Orte erklären. So ist nach Löwenörn die Nadel auf Island um 8 Uhr Abends am Westlichsten, auf der Westküste von Grönland nach Ginge um 9 bis 10 Uhr Abends, auf St. Helena (im Meridian des westlichen Englands) um 8 Uhr Morgens, auf Sumatra um 5 Uhr Abends. Nach Hood findet in Cumberland-House (53°57′N. und 102°17 W. v. Gr. bei 17° östl. Abw.) die gröſste Variation des Morgens zwischen 8 und 9 Uhr statt, die kleinste um 1 Uhr Nachmittags. Während der Wärme des Tages (im März) war die Nadel fast stationär, dann aber ging sie bis am Morgen wieder nach Osten. Im Fort Enterprise (64°28′N. und 113°6 W. Oestl. Aber 36°24′) war nach Hood das Maximum der östlichen Abweichung um 9 Uhr, und das Minimum um 3 und 4 Uhr Nachmittags.

9. In *nördlichen Gegenden* sind die täglichen Schwankungen *stärker*, als in solchen, die näher beim Aequator liegen. Aus den Beobachtungen von Düperrey über die täglichen Aenderungen der Magnetnadel in verschiedenen Weltgegenden ergiebt sich nach Arago's Untersuchung, daſs unter dem magnetischen Aequator die tägliche Bewegung Null ist.

Die Erklärung der täglichen Oscillationen der Magnetnadel unterliegt noch groſsen Schwierigkeiten. Canton,

indem er sich auf die durch Versuche erwiesene Schwächung der magnetischen Kraft durch die Wärme bezog, nahm an, dafs durch die Sonnenwärme die magnetischen Theile der Erde auf der Ostseite Vormittags von der Sonne früher erwärmt würden, als die in Westen, wodurch also die westliche Anziehung ein relatives Uebergewicht bekäme, und dieses scheint mit der nun nicht mehr zu bezweifelnden Sollicitirung der Magnetnadel in Europa durch einen östlichen und einen westlichen Pol im Allgemeinen übereinzustimmen. Allein wenn die Wirkung der Sonne auf die magnetischen Pole selbst die Ursache ihrer modificirten Anziehungskraft wäre, so müfsten nach angebrachter Meridiandifferenz die Maxima und Minima für alle Orte so ziemlich auf einerlei Zeit fallen, was weder mit den Beobachtungen auf Island und Grönland, noch mit denen in Nordamerica zu vereinigen ist. Wäre hingegen die tägliche Schwankung eine blofse Folge der täglichen Erwärmung eines jeden Ortes, so müfsten ihre zwei Epochen so ziemlich nach der Meridiandifferenz verschieden seyn, was eben so wenig zutrifft. Vielleicht ist es die vereinte Wirkung beider Ursachen, die je nach der relativen Lage eines Ortes zu beiden Magnetpolen, und nach dem Gange seiner täglichen Erwärmung jene Verschiedenheit hervorbringt. Nach Coulomb[1] ist die Sonnenatmosphäre selbst eine magnetische Flüssigkeit, welche auf die magnetische Kraft der Erde durch Vertheilung wirkt, indem sie die auf der Erde zerstreute magnetische Flüssigkeit nach der von der Sonne abgewandten Seite zurückstöfst; die Magnetnadel strebt nun nach den Orten zu, wo diese irdische magnetische Flüssigkeit in Menge aufgehäuft ist. Welcher Vorstellungsart man auch folgen mag, ob man Cantons oder Coulombs Meinung annehmen, oder ob man mit Hansteen eine Einwirkung der magnetischen Axen der Sonne auf diejenigen der Erde voraussetzen, oder aus dem täglichen Gange der meteorologischen Processe, der Bildung und Zersetzung von Elektricität, und namentlich dem Einflufs des Lichtes[2] die Sache herleiten will; immerhin ist

1 Memoires de Mathem. et de Physique présentés à l'Acad. Roy. Paris 1780 T. IX. p. 262.

2 Hansteen Unters. p. 495.

es mehr als wahrscheinlich, daſs wir die Ursache der täglichen Aenderung in irgend einer Eigenschaft, Stellung oder Wirkung der *Sonne* suchen müssen; aber eben so einleuchtend ist es auch, daſs (wie HANSTEEN richtig bemerkt) nicht Beobachtungen in Europa, sondern solche, die in weit von einander abstehenden Oertern, in der südlichen sowohl als nördlichen Halbkugel östlich und westlich von den Magnetpolen, und eben so in ihrem Meridiane, näher und ferner von demselben gemacht werden, uns allein hierüber belehren können[1].

Störung der Magnetnadel durch Nordlichter.

Ungleich bedeutender, als die täglichen Aenderungen sind diejenigen, welche durch das Nordlicht in der Richtung der Magnetnadel hervorgebracht werden. Die Nadel ist während dieser Erscheinung in beständiger Unruhe, bald östlich bald westlich schwankend in einem Intervall von 5 bis 6 Graden; die Bewegungen sind oft so stark, daſs sie in einer einzigen Zeitminute zuweilen einen ganzen Grad durchläuft, und die unordentliche Stellung oder Unruhe der Nadel selbst bei Tage ein sicheres Zeichen eines vorhandenen, wenn auch sehr entfernten, Polarlichtes ist.

Der Erste, der mit Bestimmtheit diese Einwirkung wahrnahm, ist der Schwedische Professor Olof Peter HIOTER in Upsala, welcher den 1. März 1741 bei einem in Süden stehenden Nordlichte eine auffallende Störung der Magnetnadel

---

1 Zur Literatur dienen weiter Hansteens Unters. 8tes Hauptstück. p. 403. 502. Gilberts Ann. d. Ch. T. 29. p. 384 und folg. Memoires sur la déclinaison et les variations de l'aiguille aimantée, observées à l'Observatoire Roy. de Paris depuis 1667 jusqu'à 1791. De l'influence de l'Équinoxe du printems et du solstice d'été sur la marche de l'aiguille p. M. Cassini. Paris 1791. Der Anfang dieser Schrift findet sich im Journ. de Phys. 1792. T. 40. p. 298. 310. und in Greus Journ. d. Phys. T. 7 und 8. eben so in Lichtenbergs Magazin II. N. 4. p. 10.

Philos. Transact. for 1759 und 1806. P. 2. p. 385. 400. Im Auszuge in den Journ. de Physique. T. 65. p. 431. Hoods wenige Beob. finden sich in Gilb. Ann. d. Ph. Bd. 74. p. 51.

John Macdonalds in den Phil. Transact. f. 1796, p. 340 und 1798 p. 397 und Gilb. Ann. Bd. 3. p. 118.

beobachtete[1]. Mit einer Bescheidenheit, wie sie nur der uneigennützige Eifer für Wissenschaft eingeben kann, will er zwar seinem Freunde Celsius die Ehre dieser Entdekkung zuwenden, der ihm Instrumente nebst Anweisung und Gelegenheit zu Beobachtungen und die Mittel zu ihrer Bekanntmachung verschafft hatte. Allein dieser hatte, vielleicht aus gleicher Anspruchlosigkeit von seinen frühern unbestimmten Wahrnehmungen nichts geäusert, und so ist allerdings Hiorter der Erste, welcher die Störung der Magnetnadel durchs Nordlicht bestimmt und mit Angabe von Zeit und den begleitenden Umständen darlegt. Einen Monat später den 5. April hätte Graham in London dieselbe Entdeckung gemacht, wenn nicht die Tageshelle ihm das Nordlicht verborgen hätte; er bemerkte die unordentliche Bewegung der Nadel, ohne sich davon eine Grund angeben zu können. Von dieser Zeit an hatte man in der hohen Breite von Upsala häufige Gelegenheit, sich von dem Zusammenhang des Magnetismus mit dem Nordlichte zu überzeugen, indem nur vom März bis December 1741 an zwanzig Nordlichter bemerkt wurden. Um die Bedeutsamkeit, Schnelligkeit und zugleich die Regellosigkeit dieser Störungen zu zeigen, setzen wir hier eine Beobachtung Hiorters vom 20. Oct. 1746 her.

Stand der Nadel am 19. Oct. Abends = 15° 17′ W.
am 20. October

Morgens				Abends			
5h 15′	—	14°	30′	5h 54′	—	14°	0′
5 26	—	14	2½	5 55½	—	15	0
5 34	—	14	25	5 59½	—	16	25
5 38	—	16	5	6 2½	—	15	56
5 41½	—	14	45	6 4½	—	16	19
5 45½	—	14	26	6 7¼	—	15	42
5 48¼	—	16	23	6 11	—	15	30
5 52	—	12	15 NB.	6 21½	—	15	21

Aehnliche Darstellungen von dem Einflusse der Nordlichter finden sich auch im Wargentin's Beobachtungen.

---

1 Sv. Vetensc. Acad. Handl. 1747 p. 27 und Hansteen Unters. p. 412.

Auch Canton und Wilke überzeugten sich von denselben. Der letztere bemerkt jedoch, daſs zuweilen bei starken Nordlichtern mit Bogen und hellen Flammen die Nadel nicht viel mehr als gewöhnliche Bewegungen gezeigt habe. Dieses war vornehmlich der Fall, wenn die Nordlichtwolke sehr niedrig war, oder der Bogen in der Richtung des magnetischen Meridians gleichmäſsig selbst bis an und über das Zenith emporstieg, und die Flammen sich allenthalben gleich vertheilten. Allein obgleich zuweilen während unaufhörlichen Strahlenschüssen und Blitzen die Nadel nicht aus der gewöhnlichen Richtung wich, so konnte doch einem geübten Beobachter eine Art Unruhe an derselben nicht verborgen bleiben, die auch gemeiniglich bald bei ungleichen Vertheilungen des Nordslichts in gröſsere Veränderungen überging. Erhebungen und Senkungen des Nordendes der Nadel finden ebenfalls bei vielen Nordlichtern statt, wenn nämlich die Richtung ihrer Strahlen von derjenigen der Neigungsnadel abweicht[1]. In den meisten Fällen gehen die Störungen der Nadel den Bewegungen des Nordlichts voran, und die Nordspitze der Nadel scheint dem Nordlichte zu folgen; westlich gehend, wenn es im Westen, östlich, wenn es in Osten brennt[2].

Bemerkenswerth ist die von Wargentin gemachte Erfahrung, daſs nach einem starken Nordlichte die Nadel ihre Reizbarkeit verloren zu haben scheine, so daſs nicht nur die regelmäſsigen Schwankungen geringer ausfallen, sondern sie selbst für ein schwaches Nordlicht unempfindlich geblieden sey[3].

Ob noch andere Lufterscheinungen auf die Magnetnadel Einfluſs haben, läſst sich noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden: auf jeden Fall möchte er nicht sehr bedeutend seyn. Dennoch führt Cassini, der, auf Erfahrungen ge-

---

1 S. *Magnetische Neigung; Nordlicht.*

2 Nach Wargentin und Wilke. Humboldt's Beobachtung Gilb. Ann. Bd. 29. p. 428 scheint diesem zu widersprechen: Gincr hat Beobachtungen für Beides. Das Nordlicht vermehrte die westliche Abweichung, und verminderte sie zuweilen: das Erstere fand mehr des Abends, das Letztere mehr des Morgens statt.

3 Hansteen Unters. p. 420.

stützt, sonst allen Einfluſs der Gewitter, Blitze oder des Sturmes leugnet, einen Fall an (den 25. Juli 1781), wo die Nadel während eines Sturmes sich um 15 Min. änderte. Ost- und Nord-Ostwinde schienen ihm öfter einige Unregelmäſsigkeiten herbeizuführen, auch plötzliche Wetteränderungen schienen den Stand der Nadel zu verändern. Auch Macdonald behauptet, daſs die tägliche Variation während eines Gewitters gröſser sey, als sonst unter gleichen Umständen[1].

Seitdem man durch Hülfe der wissenschaftlichen Zeitschriften öftere und schnellere Gelegenheit hat, meteorologische Wahrnehmungen zur allgemeinen Kunde zu bringen, haben sich schon mehrere Nachrichten von Nordlichtern gefunden, die in England oder andern nördlichen Plätzen waren beobachtet worden, und die fast ohne Ausnahme eine gleichzeitige sichtbare Störung der Magnetnadel in Paris, London und andern Beobachtungsorten, wo das Nordlicht nicht gesehen werden konnte, zur Folge hatten. Z. B. den 31. Oct. 1818 ein Nordlicht in Bishopwearmont in England, den 17. Oct. 1819 eine Lichterscheinung in Newton-Stewart daselbst, verbunden mit einer beträchtlichen Ablenkung der Nadel des Obersten Beaufoy bei London; den 14. Nov. 1820 ein Nordlicht in St. Petersburg, das die Nadel in Paris merklich aus ihrer Stelle brachte; den 13. Febr. 1822 ein Nordlicht bei Inverneſs in Schottland, und gleichzeitig eine Störung der Nadel Nachts um 11 Uhr in Paris[2].

Einfluſs der Wärme und Kälte auf die Magnetnadel.

Obwohl die Wärme und Kälte der Luft in den gemäſsigten Klimaten auf die Richtung der Magnetnadel keinen bestimmten Einfluſs auszuüben scheinen, so sind sie denn doch wegen ihres genauen Zusammenhanges mit Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft einer genauern Berücksichtigung würdig, um so mehr, da in der Nähe eines der magnetischen Pole, wo die directive Kraft der Nadel gering ist, ihr Ein-

1 Gilb. Ann. Bd. 5. p. 121.

2 Siehe: Ann. de Chim. T. 9, 15, 21.

fluſs auf die letztere auf eine unverkennbare Weise durch die Erfahrung dargethan ist.

Schon LUCAS FOX[1], der im J. 1631 nach der Hudsonsbay segelte, bemerkte daselbst, daſs die Compaſsnadeln ihre Kraft verloren. Er schrieb es der Windstille, der geringen Bewegung des Schiffes, den nahe gelegenen Bergen, und endlich der *Kälte* und der *scharfen Luft* zwischen der Nadel und ihrer anziehenden Spitze zu, die ihre Richtung schwäche. CHRIST. MIDDLETON[2], der im J. 1731 die nämlichen Gewässer befuhr, fand, daſs man daselbst den Compaſs durch Schüttteln beständig in Bewegung halten muſste, um ihn gehen zu machen, „weil die Gegenwart irgend „welcher magnetischer Theile in der Luft, oder irgend eine „andere Beschaffenheit ihn daran hindern.“ HEINR. ELLIS[3] auf seiner Reise in den Jahren 1746 und 1747 bestätigte jene Bemerkung und zeigte, daſs die Unempfindlichkeit der Compasse weder von der Nähe des magnetischen Poles, noch von der Anziehung der Berge, sondern von der Kälte herrühre. Ganz dieselbe Schwächung der magnetischen Richtungsfähigkeit erfuhr Ross auf seiner Reise nach der Baffinsbay im J. 1818. Besonders nachtheilig wirkte regnerische feuchte Witterung[4]. Die Feuchtigkeit schien die Abweichung bedeutend zu *vermehren*. Auch HANSTEEN bemerkt[5], daſs nach seinen Erfahrungen in Christiania die regsamsten Nadeln im kalten Zimmer lässiger sind, als in Zimmern von 12 bis 15 Grad Wärme; daſs der nämliche Compaſs im Sommer die Abweichung um etwa einen halben Grad gröſser zeigt, als im Winter in einem kalten Zimmer; daſs je kälter dieses war, desto tiefer das Nordende unter die Horizontal-Ebene sich senkte, so daſs er genöthigt war, durch ein Stückchen Papier von $\frac{1}{2}$

1 Forster, Gesch. d. Entdeck. und Schiffahrten im hohen Norden. 1784. 8. p. 417.

2 Hansteen Unters. I. p. 379.

3 Henry Ellis Voy. à la baie de Hudson. Leyde. 1750. 8. p. 279. 288.

4 Roſs, Voy. to the Baffinsbay. London. 1819. 4. im Appendix. pag. XIV, XVII, und XXIX.

5 Unters. p. 468.

Gran Schwere, das er als Laufgewicht hin und her schob, je nach der Temperatur des Zimmers die horizontale Lage der Nadel zu erhalten.

Nach so unzweideutigen Zeugnissen ist es wohl unmöglich, den Einfluſs der Kälte und Feuchtigkeit auf die Magnetnadel in Zweifel zu ziehen, und der neuere Versuch eines ungenannten Englischen Physikers[1] kann, als unter andern Umständen gemacht, keineswegs als Beweis von der Wirkungslosigkeit der Kälte gelten. Nicht den Magnetismus der Nadel, sondern denjenigen der Erde, oder der umgebenden Luft müſste man auf eine bedeutende Strecke umher zerstören können, wenn der Versuch dem, was jene Seefahrer wahrnahmen, einigermaſsen ähnlich seyn sollte. Am auffallendsten jedoch wird der Einfluſs der Kälte und Feuchtigkeit bestätigt gerade durch das Gegenmittel, dessen sich Ellis sowohl als Ross bedienten, nämlich den Compaſs *warm* zu halten. Der Letztere errichtete sogar ein neues Compaſshäuschen (binnacle) auf dem Verdeck, welchem durch ein Rohr warme Luft zugeleitet wurde[2].

Aber *wie* wirken Feuchtigkeit und Kälte auf die Compaſsnadel? Wohl nicht durch die unmittelbare Erkältung der Nadel selbst, wie uns eben der erwähnte Versuch des Ungenannten belehrt; auch nicht durch das Gefrieren der Dünste an der Gnomonspitze; denn sonst wäre auch in andern Ländern und Meeren des Nordens diese Erscheinung bemerkt worden; eben so wenig (wie ein neuerer Schriftsteller voraussetzt) durch Verdichtung des Oeles an der Spitze; denn eine zähe Substanz dieser Art darf und soll nie an derselben vorhanden seyn. Weit eher dürfte nach

---

1 Aus dem Quarterly Rewiew in den Ann. de Chim. XXI. p. 439. Man umwickelte eine Magnetnadel mit Zeug, das mit Schwefel-Alcohol befeuchtet war, und setzte sie auf ihrer Spitze schwebend unter den Recipienten der Luftpumpe. Als durch schnelles Auspumpen die innere Temperatur bis unter den Eispunct (wie viel?) erkältet war, fand sich, daſs die Nadel der Wirkung des Eisens und Magnets wie gewöhnlich gehorchte. Als später der Recipient bis 27 Centigrade erwärmt wurde, zeigte die Nadel dieselbe Empfindlichkeit wie vorher. Nun waren die Schwingungen ein wenig schneller. (Ihre Zahl wird nicht angegeben.)

2 Ross Voy. Appendix, p. XV.

unserm Dafürhalten die Ursache dieser Erscheinung in der Beschaffenheit der umgebenden Luft selbst zu suchen seyn. Die neuern Entdeckungen über den Elektromagnetismus haben gezeigt, daſs eine geringe Ungleichheit der Erwärmung oder Erkältung eines Metalles fähig ist, das elektrische Gleichgewicht der dasselbe berührenden feuchten Luft zu stören: sollte es nicht eine Temperatur geben, bei welcher wegen des Uebermaſses von Feuchtigkeit jener täglich vor unsern Augen, obwohl ungesehen, vor sich gehende Zersetzungs- und Auflösungsproceſs von Wasser und Luft, und mit ihm die Elektricitätsentwicklung aufhören müſste, oder doch irgend eine besondere Modification erlitte, dessen Daseyn uns ganz unbekannt bliebe, wenn nicht die Magnetnadel, dieses so empfindliche Werkzeug, ihn uns verriethe?

Wie dem auch sey, so erhält diese an sich geringfügige, wenig beachtete, von Vielen bezweifelte Erfahrung gerade dadurch einen Werth, daſs sie eine neue Seite des in so mancherlei Eigenthümlichkeiten sich darstellenden terrestrischen Magnetismus dem Beobachter vorhält, und, indem sie durch die Vermehrung der Erscheinungen die Schwierigkeit einer Erklärung zu vergröſsern scheint, es ihm unmöglich macht, auf einseitige, mithin unangemessene Erklärungsgründe zu verfallen. *H.*

Abweichung, optische.

Abirrung bei Gläsern und Spiegeln; *Aberratio lentium et speculorum;* Aberration des verres et des miroirs; *Aberration.* Wenn die Lichtstrahlen durch Linsengläser gebrochen oder durch Hohlspiegel zurückgeworfen werden, so sollten eigentlich, um den Zweck zu erreichen, den man zu erreichen beabsichtigt, die Strahlen, die von *einem* Puncte ausgehn, auch wieder in *einem* Puncte vereinigt werden; aber dieses ist nicht völlig genau der Fall und die Abweichung der Strahlen von jenem *einen* Puncte ist es eben, wovon hier die Rede ist.

Abweichung bei parabolischen Spiegeln.

Obgleich der Hohlspiegel, dessen sämmtliche, durch die Axe gehende, Schnitte gleiche Parabeln sind, die mit der Axe parallel

einfallenden Strahlen genau in einem einzigen Puncte vereinigt, so findet doch auch bei ihm dieses nicht strenge statt, sobald die unter sich parallelen Strahlen von einem nicht genau in der Axe liegenden Puncte ausgehen. Da wir nun aber doch in unsern Teleskopen nicht ganz allein den in der Axe liegenden Punct betrachten, so entsteht bei Spiegelteleskopen, selbst wenn sie parabolische Spiegel haben, für die etwas entfernt von der Axe liegenden Puncte einige Abirrung der Strahlen, die aber ungemein geringe ist[1].

Abweichung bei sphärischen Hohlspiegeln.

Aberratio, quae ex figura sphaerica oritur; Aberration de Sphéricité des miroirs; *Spherical Aberration.* Bei ihnen vereinigen sich selbst die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen nicht genau in einem Puncte, und eben so wenig die, welche von einem nähern Puncte der Axe divergirend einfallen. Aber wenn es gleich an dieser vollkommenen Vereinigung in einem Puncte fehlt, so ist doch für Strahlen, die auf das die Axe zunächst umgebende Stück der hohlen Kugelfläche fallen, die Abweichung so geringe, daſs man es bei Fernröhren, die keine sehr starke Vergröſserung gestatten, unbeachtet lassen kann; eben deſshalb aber zu Hohlspiegeln in Teleskopen, wenn sie sphärisch seyn sollen, nur geringe Oeffnungen anwenden, oder die Strahlen nur auf die sehr nahe an der Axe liegenden Puncte auffallen lassen darf. Wie viel diese Abweichung beträgt, findet man, wenn man für den gegen den Rand des Spiegels hin auffallenden Strahl die Lage des zurückgeworfenen Strahles berechnet; da man nämlich den Ort des Bildes oder des Punctes kennt, wo die um die Mitte des Spiegels auffallenden Strahlen sich vereinigen, so ergiebt sich, erstlich, wie weit hiervon entfernt jene Randstrahlen in die Axe einschneiden, und dieses heiſst die *Abweichung nach der Länge)*, und zweitens, wie weit sie neben jenem

---

1 Vergl. Art. *Hohlspiegel.* No. 3.
Fischers Meinung, daſs sie erheblicher sey, als bei sphärischen Spiegeln, beruht auf einer unrichtigen Vergleichung. Bode's Jahrbuch. für 1808. S. 136.

Bilde von der Axe entfernt sind, (welches *die Seiten - Abweichung* heifst).

Bei nicht zu grofser Breite des Spiegels ist jene dem Quadrate, diese dem Cubus des Bogens proportional, der die Breite des Spiegels ausdrückt[1].

Abweichung wegen der Gestalt der Linsengläser.

Aberratio ob sphaericitatem lentium s. *quae ex figura sphaerica oritur;* Aberration de sphéricité. *Spherical Aberration.* Wenn ein durchsichtiger Körper von einer Kugelfläche begrenzt wird, so werden die auf ihn fallenden Lichtstrahlen bekanntlich gebrochen, indem sie in ihn eindringen. Stellt AC die durch den leuchtenden Punct A und den Mittelpunct C der Kugelfläche gezogene gerade Linie vor, so werden zwar die zunächst bei B einfallenden Strahlen in einen Punct Q vereiniget, aber für die entferntern findet dieses nicht mehr statt, sondern sie gehen an dem Puncte Q um so weiter vorbei, je gröfser der Bogen BD $= \varphi$ ist, und zwar ist die Längen - Abweichung dem Quadrate von Sin. φ sehr nahe proportional[2]. Fig. 24.

Man kann diese Abweichung wegen der Gestalt gänzlich aufheben, wenn man mehrere Linsengläser verbindet. Bei einem einzelnen Glase läfst sie sich nicht ganz aufheben, sondern wird ungefähr so klein als möglich, wenn der Radius der Hinterfläche 6 bis 7 mal so grofs als der Radius der Vorderfläche ist, und beide convex oder beide concav sind. Setzt man aber zwei dünne Linsen sich berührend zusammen, so lassen sich Verhältnisse der Radien angeben, bei denen die Abweichung ganz wegfällt und die Vergröfserung möglichst stark bleibt. Herschel[3] giebt Formeln und Beispiele für diese Rechnung.

Die durch diese Mittel erhaltene gänzliche Zerstörung der Abweichung wegen der Gestalt ist besonders dann von

---

1 Vergl. Art. *Hohlspiegel.* No. 3.

2 Die Formel für diese Abweichung ist im Art. *Linsengläser* No. 9 abgeleitet.

3 Der jüngere Herschel in Philos. Transact. for 1821. p. 246; aus dessen Abh. ich diese Resultate entlehne.

Wichtigkeit, wenn man das Objectiv eines Fernrohrs oder den Spiegel eines Spiegelteleskopes prüfen will. Ist nämlich das dabei angewandte Augenglas selbst nicht frei von den Fehlern der sphärischen Abweichung, so kann auch jene Prüfung nicht als ganz entscheidend angesehen werden.

Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Farbenstrahlen.

Aberratio ob diversam refrangibilitatem lucis; Aberration de réfrangibilité; *Chromatic Aberration.* Die bisher betrachtete Abweichung rührte ganz von der Gestalt der Linsengläser her; aber eine weit gröfsere und nachtheiligere Abweichung entsteht bei der Brechung durch die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen. Es ist nämlich leicht zu zeigen[1], dafs die Brennweite eines

Glases $= \dfrac{\frac{n}{m} r . \varrho}{\left(1 - \frac{n}{m}\right)(r + \varrho)}$ ist, für ein convex-convexes Glas,

dessen beide Oberflächen die Radien r, ϱ haben; da nun das Brechungsverhältnifs $\frac{n}{m}$ ein anderes ist für rothe als für violette Strahlen, so ist dieser Brennpunct nicht ein einziger für verschiedene Farbenstrahlen, und die von *einem* Puncte ausgehenden Strahlen werden nur dann durch ein convexes Glas in einen Punct gesammelt, wenn sie einfarbig sind. Andere Strahlen dagegen, z. B. die Sonnenstrahlen, werden in B einen Vereinigungspunct der blauen und violetten Strahlen, dem Glase am nächsten, in R einen Vereinigungspunct der rothen Strahlen sehr bedeutend weiter entfernt vom Glase geben. Die von B wieder aus einander fahrenden blauen Strahlen werden also in der Nähe von R vorbei gehen, und statt dafs in R ein einziger Punct das genaue Bild des leuchtenden Punctes darstellen sollte, so ist hier vorzüglich blaues und violettes Licht auf einem Kreise von bedeutender Gröfse vertheilt. Eben so verhält es sich in B in Hinsicht auf das rothe Licht, und nirgends erhält man ein ganz reines Bild. Hieraus läfst sich auch überse- (Fig. 25.)

---

1 Vergl. Art. *Bild, Brennpunct, Linsengläser.* No. 5.

hen, warum der helle Kreis, den ein Brennglas darstellt, wenn man das Sonnenbild zu nahe am Glase auffängt, mit einem rothen Rande umgeben ist. Hält man nämlich ein Papier zwischen B und C, so empfängt dieses innerhalb des Kegels, dessen Spitze B ist, Strahlen von allen Farben, die also weiſs (ein wenig bläulich) geben, aber um diesen Kegel herum treffen nur die grünen, gelben, rothen Strahlen das Papier und die rothen machen den Rand aus. Hält man dagegen das Papier entfernter als R vom Glase, so empfängt es wieder innerhalb des Kegels, dessen Spitze R ist, Strahlen von allen Farben, und das Bild ist weiſs, aber um diesen weiſsen Kreiſs fallen noch gelbe, grüne, blaue Farbenstrahlen, die, weil das Blau am Rande ganz von aller andern Beimischung frei ist, einen blauen Rand darstellen. Wie viel diese Abweichung beträgt, läſs sich leicht aus der obigen Formel übersehen. Nimmt man nämlich mit Fraunhofer für Flintglas $\frac{m}{n} = 1,63$ für die rothen Strahlen, und $= 1,65$ für die violetten Strahlen an, so ist für

jene die Brennweite $= 1,587 \cdot \frac{r\varrho}{r+\varrho}$,

für diese aber $= 1,538 \cdot \frac{r\varrho}{r+\varrho}$,

also um $\frac{1}{31}$ verschieden, selbst für Strahlen, die ganz um die Mitte einfallen. Diese Abweichung ist viel gröſser, als die aus der sphärischen Figur entspringende, und da Newton einsah, daſs diese nicht durch künstlicher geformte Gläser zu heben sey, so empfahl er das Spiegelteleskop, bei dem sie nicht statt findet. Wie sie durch zusammengesetzte Objectivgläser, die aus Glasarten von ungleicher Farbenzerstreuung zusammengesetzt sind, gehoben werden kann, davon s. Art. *Linsengläser*, wo von zusammengesetzten und achromatischen Linsengläsern gehandelt wird. *B.*

Abweichungskreis.

Circulus declinationis; Cercle de declinaison; *Circle of declination*. Derjenige Kreis, auf welchem die Abweichung eines Gestirnes gemessen wird, ist ein durch beide Pole des Aequators gehender, also auf den Aequator senkrechter, gröſsester Kreis[1], und heiſst der Abweichungs-

1 S. *Abweichung*, astronomische.

kreis. Alle durch die beiden Pole gehende gröfseste Kreise sind also Abweichungskreise. Indem die Himmelskugel sich uns zu drehen scheint, rücken diese Abweichungskreise nach und nach durch den Meridian, und dieser fällt immer mit irgend einem Declinationskreise zusammen. Denkt man sich durch beide Pole einen Kreis gezogen, in welchem sich alle Sterne befinden, die vor einer Stunde in einerlei Augenblick den Meridian erreichten, so fällt auch dieser erste Stundenkreis und so jeder Stundenkreis mit irgend einem Abweichungskreise zusammen. Die Abweichungskreise rükken nach und nach mit der sich drehenden Himmelskugel ebenso durch die Stundenkreise, wie sie durch den Meridian rücken. *B.*

Adhaesion.

Anhängung; *adhaesio*; Adhésion, Adhérence; *Adhesion or Adherence.* Seit den gehaltreichen Untersuchungen von Guyton Morveau über die Erscheinungen der Cohäsion, Adhäsion und chemischen Verwandtschaft versteht man fast ganz allgemein unter Adhäsion das Bestreben nach Zusammenhang bei ungleichen Körpern, unter Cohäsion aber die Anziehung gleichartiger Körper. Es ist indefs unter dem Artikel Anziehung, unter welchen alle diese Erscheinungen ihrem Wesen nach gehören, der Sprachgebrauch dahin festgesetzt, dafs Cohäsion den Zusammenhang der Theile fester oder starrer Körper im Zustande ihrer innigen Verbindung, oder wenn sie ein Ganzes bilden, bezeichnet Adhäsion dagegen das Anhängen der Körper an einander, sowohl der festen, wenn ihre getrennten Theile oder Massen im eigentlichen Sinne des Wortes blofs an einander hängen, als auch der flüssigen und gasförmigen, in sofern ihre einzelnen Theile unter sich aneinander hängen, oder durch feste Körper festgehalten werden, oder wenn die gasförmigen Flüssigkeiten sich mit den tropfbaren verbinden; ohne dafs man die Ungleichartigkeit derselben als nothwendige Bedingung des Ausdrucks der Adhäsion anzusehen hat[1].

---

[1] Diesen Sprachgebrauch befolgen die meisten Engländer. S. Hutton Dict. I. 30. Eine definitive Feststellung der Begriffe ist sehr wich-

Die Gründe für diese Bestimmung der Ausdrücke *Cohäsion* und *Adhäsion* liegen zuerst im Sprachgebrauche und der eigentlichen Wortbedeutung, indem das Wort *cohaesio* einen eigentlichen innigen Zusammenhang bezeichnet, wie er bei Holzstangen, Drähten u. dgl. statt findet, *adhaesio* aber nur ein Anhängen, mit Verschiebbarkeit verbunden, wie die Theile der Flüssigkeiten unter sich und gegen feste Körper zeigen. Aufserdem aber kann man nur auf diese Weise gleichartige Erscheinungen vereinigen, ohne sich in solche Schwierigkeiten zu verwickeln, als der entgegengesetzte Sprachgebrauch nothwendig herbeiführen mufs. Bringt man nämlich zwei Platten eines gleichartigen Metalles an einander, so werden diese allerdings adhäriren, und die Stärke der Adhäsion zeigen. Sollte dieses aber Cohäsion seyn, so müfste man vermittelst derselben die Stärke der Cohäsion des Metalles messen können, welches den angenommenen Grundsätzen widerstreitet. Wenn man dagegen ungleiche Körper verbindet, z. B. eine Stange Kupfer an eine andere von Messing oder Silber löthet oder schmelzt, so dafs sie einen gemeinsamen festen Körper bilden; so müfste das zum Zerreifsen erforderliche Gewicht die Stärke der Adhäsion messen. Auf der andern Seite dagegen würde man die Stärke der Cohäsion zu überwinden haben, wenn man Eis über Eis, Stahl über Stahl u. s. w. hingleiten liefse, der Adhäsion dagegen, wenn die über einander geschobenen Körper ungleichartig wären, was offenbar gegen den Sprachgebrauch, und man kann wohl sagen, gegen eine systematische Anordnung der Begriffe ist. Gösse man endlich eiskaltes Wasser auf Eis, so würde ein gleiches Gesetz der Cohäsion unter den Theilen des Wassers unter einander, gegen das Eis, und der Theile des Eises unter sich anzunehmen seyn, ohne dafs sich ein wissenschaftlicher Grund des grofsen Unterschiedes der Stärke des Zusammenhanges nachweisen liefse. Eben so wäre der höchst ungleiche Grad des Zusammenhanges des erhärteten Leimes, Lothes, Mörtels u. s. w. und des noch flüssigen kaum unter ein allgemeines

---

tig, um das Schwankende und Unbestimmte zu beseitigen, welches man beim Gebrauche dieser beiden Worte überall findet.

Gesetz zu bringen. Bringt man zwei mischbare Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Wein über einander; so würde an der Grenze beider Adhäsion statt finden, bei allmäliger Mischung aber schwer bestimmbar seyn, wann die Adhäsion in Cohäsion übergegangen sey; noch schwieriger aber dürfte es seyn, das Anhängen einer Schicht von irgend einer Flüssigkeit an einem festen Körper zu erklären, indem zwischen beiden verschiedenen Körpern zwar Adhäsion statt fände, zum Abfliefsen des Ueberschusses aber eine Ueberwindung der Cohäsion der gleichartigen Theile des flüssigen erforderlich wäre, ohne dafs sich nachweisen liefse, warum die Ueberwindung der Cohäsion nicht unmittelbar bei der unendlich dünnen, dem festen Körper anhängenden, Schicht statt findet, sondern allezeit eine bestimmte Quantität hängen bleibt. Es ist somit unleugbar besser, den Begriff der Cohäsion blofs auf starre Körper und den Zusammenhang ihrer Theile unter einander zu beziehen, wodurch eine grofse Reihe durchaus ähnlicher Erscheinungen der genauen Wortbedeutung nach vereinigt wird. Man könnte hiergegen einwenden, dafs sich oft nicht genau bestimmen läfst, wann ein Körper starr oder fest genannt werden mufs, und dafs daher namentlich bei Metallen, beim Lothe, Leim, Mörtel u. s. w. nicht allezeit genau angegeben werden könne, ob Cohäsion oder Adhäsion die Ursache des Zusammenhanges sey. Allein dieser Vorwurf trifft nicht sowohl die Bedeutung des Wortes Cohäsion, als vielmehr die Unbestimmtheit der Worte Festigkeit, Härte und Starrheit, welche indefs blofs bei der ursprünglichen Feststellung der Begriffe, keineswegs aber in der Anwendung von irgend einem bedeutenden Einflusse ist. Im Grunde ist selbst die genaue Feststellung der Bedeutung dieser beiden Worte, Adhäsion und Cohäsion, blofs der Consequenz in der Demonstration und des bestimmten Verständnisses wegen von einiger Wichtigkeit, keineswegs aber in Rücksicht auf die Natur und ihre Gesetze, indem die unter beide gehörigen Erscheinungen sämmtlich auf der gemeinsamen Naturkraft der Attraction beruhen.

Wegen der Allgemeinheit der Attraction oder Anziehung alles Materiellen unter sich mufs sonach Adhäsion zuerst

zwischen festen gleichartigen und ungleichartigen Körpern statt finden. Indem aber die Adhäsion eine Folge der genauen Berührung der einzelnen Theile der Körper ist, so muſs sie um soviel stärker seyn, je gröſser die berührenden Flächen und je ebener sie sind, welches Gesetz in der Mechanik allgemein angenommen wird. Daſs die Adhäsion übrigens nie eine gleiche Stärke als die Cohäsion zeigt, folgt wohl ohne Zweifel aus einer nicht absoluten Politur der berührenden Flächen und aus den unvermeidlich zwischen ihnen befindlichen Partikeln heterogener Körper und einer sehr dünnen Luftschicht, wenn man keine abstoſsende Kraft anzunehmen geneigt ist[1].

Man pflegt die Adhäsion zwischen festen Körpern anschaulich zu machen durch eben geschliffene Platten von Metall, Glas, Marmor u. s. w., welche oft auch Cohäsionsplatten genannt werden. Solche sind sie allerdings dann, wenn man sie vermittelst eines erhärtenden Bindemittels, wohin allenfalls auch erstarrtes Talg gehört, wie Musschenbroek, vereinigt, und diese gehören also *nicht hierher*. Indeſs zeigen sie, auch ohne Bindemittel vereinigt, eine beträchtliche Stärke des Zusammenhanges, selbst im luftleeren Raume[2]. Nimmt man zu den Adhäsionsplatten weiche Körper, wozu sich vorzüglich das Blei eignet, so ist die Erscheinung nicht rein, indem die sich am genauesten berührenden Theile eine wahre und eigentliche Vereinigung eingehen, wodurch die Erscheinung ihres Zusammenhängens zugleich unter die Cohäsion gehört. Hieraus ist es erklärlich, daſs Martin[3] zwei Bleicylinder, von $\frac{1}{30}$ Quad. Z. Queerschnitt mit einem Federmesser sehr eben schabte, dann stark zusammenpreſste, und mit diesen ein Gewicht von 130 Pfd. hob. Ob die Temperatur auf die Stärke der Adhäsion fester Körper einen Einfluſs habe, kann nur mit groſser Mühe ausgemittelt werden, und sind darüber noch keine entscheidende Versuche bekannt.

---

1 S. *Abstoſsung*.

2 Huygens in Phil. Tr. N. 86. Newton Opt. qu. XXXI. p. 316. ed. Clarke. Emmet in Ann. of Phil. N. S. III. 426.

3 Philosoph. Brit. vol. I.

Hiernach sind also die Resultate derjenigen Versuche nicht als rein anzusehen, welche man mit polirten Metallplatten anstellt, indem man sie mit einem Bindemittel, als Wasser, Oel, Unschlit, oder einer sonstigen klebrigen Substanz überzieht, dann über einander schiebt, und die zum Losreifsen erforderliche Kraft nach dem Gewichte bestimmt. Wenn nämlich das Bindemittel erstarret, und als starrer Körper zerrissen werden mufs; so würde das Phänomen zur Cohäsion gehören. In der Regel ist dieses aber nicht der Fall, indem man die Platten meistens nur mit einem Tropfen Oel zu überziehen pflegt, wonach aber eigentlicher die Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten an festen Körpern, als der letztern unter einander in Betrachtung kommt, weil bei der Untersuchung der Adhäsion fester Körper diese ohne alles Bindemittel vereinigt werden müssen. Dennoch aber mögen sie hier historisch erwähnt werden, da sie auf allen Fall nicht zur Cohäsion zu rechnen sind. Bei der Bestimmung der zum Losreifsen derselben erforderlichen Kraft mufs indefs die Stärke des Luftdruckes zugleich berücksichtigt werden. Die bekanntesten Versuche dieser Art sind diejenigen, welche Muschenbroek[1] mit Platten von 1,916 Z. rheinl. Durchmesser anstellte, indem er sie erwärmte, mit Unschlit bestrich, dann erkalten liefs, und durch Gewichte losrifs. Es wurden hierzu erfordert in Pfunden

Platten von	Gewichte.	Luftdruck.	Adhäsion.
Glas	130	41	89
Messing	150	41	109
Kupfer	200	41	159
Silber	125	41	84
gehärteter Stahl	225	41	184
weichem Eisen	300	41	259
Zinn	100	41	59
Blei	275	41	234
Wismuth	100	41	59

1 Institutiones physicae conscriptae in usus academicos a P. v. Muschenbroek. L. B. 1748. gr. 8. p. 287. Noch mehrere dort erzählte, etwas abgeänderte Versuche scheinen uns zur Erwähnung nicht wichtig genug. Vergl. P. v. Muschenbroek Introductio ad cohaerentiam corporum firmorum; in Dissertationibus physicis. L. B. 1727. p. 423.

Platten von	Gewichte,	Luftdruck	Adhäsion.
Zink —	150 —	41 —	109
weifs. Marmor	225 —	41 —	184
schwarz. Marmor	230 —	41 —	189
Elfenbein —	108 —	41 —	67

Unter die Erscheinungen der Adhäsion fester Körper an einander darf mit gröfserem Rechte gezählt werden, dafs die kleinen Partikeln aller Körper als Staub sich an lothrechte Wände oder unter den Decken der Zimmer anhängen, ohne vermöge ihres Gewichtes herabzufallen. Das Anhängen derselben ist so viel stärker, je kleiner die Theilchen sind, weswegen der feinste Staub sich am dicksten und stärksten anlegt. Legen sich solche auf der Oberfläche des Glases, vorzüglich des schlechten Fensterglases an, und werden sie hier, insbesondere durch den verbundenen Einflufs einiger Feuchtigkeit und der Sonnenhitze fest, so entsteht ein dünner, das Glas verblindender, aber sehr schöne *Farben spielender Ueberzug*, welcher durch keine bekannte Mittel des Reinigens weggeschafft, wohl aber durch Reinhalten der Fenster und Vermeidung des Benetzens im Sonnenschein verhütet wird. Objectivgläser der Fernröhre und Spiegel erhalten hierdurch dünnere, bei den ersteren zuweilen dendritische Ueberzüge, welche man am besten durch Abreiben mit reiner, in Kalkwasser getauchter und getrockneter Leinwand verhütet. Man kann die schönen Farben künstlich nachmachen, wenn man Metallsolutionen, namentlich salpetersaures Silber auf Glase durch Kupfer niederschlägt, leise abspült, und dann durch die Sonnenstrahlen einbrennen läfst.

Ob folgendes Phänomen zur Adhäsion oder Cohäsion gehöre, ist zwar schwer zu entscheiden, indefs beweiset es auf allen Fall die Geneigtheit fester Körper, sich zu verbinden. Um Stahl zu vergolden, wird die Fläche eben geschabt, (nicht eigentlich polirt, damit kein Ueberzug von Fett bleibt, und die Metallflächen sich genauer berühren können) dann ein Blättchen Gold (oder Silber) darauf gelegt, ein Punzen aufgesetzt, und gegen diesen ein starker Schlag mit einem schweren Hammer geführt. Hierdurch

wird das Gold so fest, dafs es sich nicht wegwischen, und durch gewöhnliches Reiben nicht wegbringen läfst[1].

Der Erfahrung nach kann man ferner als gemeines Gesetz aufstellen, dafs alle tropfbare Flüssigkeiten allen festen Körpern mit einer Kraft anhängen, welche dem Unterschiede der Anziehung ihrer Theile zu einander und zu den festen Körpern proportional ist[2]. Ist die Anziehung der Theile einer Flüssigkeit unter sich stärker als gegen feste Körper, so werden sie sich zu runden Kugeln vereinigen, z. B. Quecksilber auf Glase, Wasser auf Bärlapsaamen (semen lycopodii), die Thautropfen auf den Blättern u. dgl. m. Die absolute Stärke der Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten zu festen Körpern ist sehr grofs, läfst sich aber deswegen nicht genau messen, weil die einzelnen Theile derselben über einander hingleiten, und hierdurch aus der Sphäre der stärkeren Anziehung gerückt werden. Indefs überzeugt man sich von der bedeutenden Kraft der Anziehung, welche die Bestandtheile der Flüssigkeiten unter und gegen einander ausüben, und hierdurch zugleich von der Kraft der Adhäsion an feste Körper durch einen interessanten Versuch. Wenn man auf eine ebene Spiegelscheibe eine Menge Quecksilberkügelchen von möglichst gleicher Gröfse bringt, eine andere ebene Spiegelscheibe darauf legt, und diese mit Gewichten beschwert, so werden die Kügelchen stets platter werden. Nimmt man aber von den Gewichten weg, so nehmen die platten Kügelchen allmälig ihre runde Gestalt mit Ueberwindung des mechanischen Widerstandes wieder an[3]. Diese Kraft der Anziehung der einzelnen Bestandtheile mufs aber durch die Stärke der Anziehung zu denjenigen Körpern überwunden werden, welche sie benetzen. Wenn daher gewisse feste Körper durch gewisse tropfbare Flüssigkeiten nicht benetzt werden, z. B. Fett durch Wasser, Eisen durch Quecksilber u. s. w.; so folgt hieraus blofs eine überwiegende Stärke der Anziehung der einzelnen Theile dieser Flüssigkeiten gegen einander, welche die Anziehung zu den festen Körpern scheinbar völlig aufhebt,

1 Robison Mech. Phil. I. 233.
2 Young in Phil. Tr. 1805. I. 84.
3 Robison System of Mech. Phil. I. 235.

und kann also bei diesen Erscheinungen von einer abstofsenden Kraft keine Rede seyn [1]. Hiervon überzeugt man sich bald durch eben so einfache als leichte Versuche. Gemeiner Flor z. B. wird durch Quecksilber nicht benetzt, oder es findet keine Adhäsion zwischen beiden statt. Man kann daher das letztere in ersterem tragen, und zugleich wahrnehmen, dafs kleine Halbkugeln des Metalles durch die Zwischenräume des Flores dringen, wegen der Adhäsion ihrer Theile unter einander aber nicht herabfallen, auch auf Glase oder Porcellan nicht zerfliefsen, wohl aber auf einer Quecksilberfläche, oder auf anderm gereinigten Metalle, wogegen das Quecksilber Anziehung äufsert. Eben so kann man Leinen mit Hexenmehl bestreuen, und dann Wasser darin tragen. Obgleich ferner Quecksilber das Glas nicht benetzt, folglich scheinbar ihm nicht anhängt, so werden dennoch kleine Kügelchen desselben, welche man auf eine reine und trockne Glasscheibe wirft, selbst dann nicht herabgleiten oder herabfallen, wenn man dieselbe umkehrt, so dafs also das ganze Gewicht der Quecksilberkügelchen durch die Stärke der Adhäsion zum Glase überwunden wird. Weder Zinnfolie, noch Quecksilber hängen einzeln am Glase fest. Wenn man aber Zinnfolie mit Quecksilber benetzt, mit einem Hasenlaufe, oder blos mit dem Finger, reibt und auf diese Weise eine Amalgamirung bewirkt, dann Fliefspapier darauf legt, und über dieses eine reine und trockne Spiegelplatte, dann durch langsames Wegziehen des Papiers den Schmutz vom Quecksilber entfernt und die Glasscheibe fest andrückt, so hängt das Amalgam am Glase fest und bildet die *Folie des Spiegels*.

Manche aus dem Gesetze der Adhäsion folgende Erscheinungen, als namentlich des kalten *Versilberns* und *Vergoldens* gehören zwar eigentlicher zur Technologie, es mögen aber folgende, bei der Verfertigung physikalischer Apparate oft anwendbare Verfahrungsarten hier kurz erwähnt werden. Um Messing, Tomback, vorzüglich Kupfer und Silber leicht und schön, obgleich minder dauerhaft zu vergolden, bereitet man eine Auflösung von reinem Golde in

---

1 Joh. T. Mayer bei Gren J. VII. 208.

Königswasser, und dampft sie zur Fortschaffung der freien Säure so lange ab, bis sie krystallisirt. Den Rückstand verdünnt man mit dem acht bis zehnfachen reinen Wassers, und tränkt hiermit feine Leinwand so, dafs die gesammte Flüssigkeit aufgesogen, aber auch alle Leinwand völlig getränkt ist. Man läfst sie dann trocknen, und verbrennt sie in einem Tiegel zu Asche. Will man ein vorher sorgfältig gereinigtes und polirtes Metall vergolden, so taucht man einen Kork in eine schwache Kochsalzlösung, dann in die erhaltene Asche, reibt letztere in das Metall ein, wodurch die Goldtheilchen festhalten, und spült die Asche mit reinem Wasser ab, worauf man die vergoldeten Stellen nochmals poliren kann[1]. Minder vortheilhaft darf man nur dahin sehen, dafs die Goldsolution gesättigt sey, die eingetauchte Leinwand an der Sonne trocknen, mit den Fingern zu Pulver reiben, und auf die angezeigte Weise anwenden.

Zum Behuf einer leichten *Versilberung* des Kupfers oder Messings löset man 1 Loth reines Silber in 2 Loth doppeltem Scheidewasser auf, setzt eine Pinte reines Wasser hinzu, und klärt die Flüssigkeit ab, wenn sich etwa einiger Schmutz unten gesetzt hat, wirft einen Efslöffel voll reines Kochsalz hinein, läfst mit Vermeidung des Einflusses des Tageslichtes den entstandenen weissen Niederschlag sich setzen, giefst die obenstehende Flüssigkeit ab, setzt 4 Loth cremor tartari, 1 Loth feine Kreide und einen starken Löffel voll Kochsalz hinzu, mischt dieses durcheinander, und läfst es ohne Zutritt des Lichtes in mäfsiger Wärme trocknen. Nachdem man alsdann das zu versilbernde Metall polirt hat, wäscht man dasselbe mit Salzwasser, reibt von dem Pulver mit dem Finger so lange etwas in dasselbe ein, bis die Versilberung stark genug ist, wäscht es, und trocknet es mit reiner Leinwand. Zu gröfserer Dauerhaftigkeit kann man das versilberte Metall erhitzen, und die Operation wiederholen. Dieses Verfahren ist ungleich besser, als das Reiben mit sogenanntem Münzenpulver, welches aus Kreide und Quecksilber besteht, und auf Kupfer oder Messing gerieben, durch Festhängen des Quecksilbers einen weifslichen Ueberzug erzeugt.

1 Klaproth u. Wolf chem. Wörterb. Art. Vergolden.

Es muſs also nach den angegebenen Thatsachen die Adhäsion der Flüssigkeiten an die verschiedenen festen Körper verschieden seyn, worüber es zwar sehr zahlreiche, aber keineswegs völlig erschöpfende Versuche giebt. Einige interessante Experimente über das Anhängen verschiedener, an Gröſse gleicher Metallplatten von 1 Z. Durchmesser an Quecksilber hat Guyton de Morveau [1] angestellt, und das Gewicht, wodurch sie losgerissen wurden, angegeben, nämlich

Gold	durch	446	Gran	Zink	durch	204	Gran
Silber	—	429	—	Kupfer	—	142	—
Zinn	—	418	—	Spiesglanz	—	126	—
Bley	—	397	—	Eisen	—	115	—
Wismuth	—	372	—	Kobalt	—	8	—

Die letzteren Metalle werden durch das Quecksilber nicht benetzt, und zeigen daher, daſs auch in diesem Falle Adhäsion statt findet. Weniger umfassend, aber ausführlich beschrieben sind diejenigen Versuche, welche Dütour [2] über die ungleiche Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an verschiedene feste Körper angestellt hat. Huth untersuchte speciell die Stärke der Adhäsion des Wassers an verschiedenen Holzarten [3]. Bei einer Temperatur von 14° R. wurden Würfel von 1 rheinl. Quadratzoll Fläche, nachdem sie vorher 24 Stunden im Wasser gelegen hatten, von einer Wasserfläche losgerissen durch Gewichte in Granen

Holzarten.		rauhe Fläche			glatte Fläche	
Kienholz	—	50	Gr.	—	51	Gr.
Eichenholz	—	52	-	—	52	-
Elsenholz	—	53	-	—	53	-
Weisbuchenholz	—	56	-	—	54	-
Pflaumbaum	—	55	-	—	55	-
Birnbaum	—	50	-	—	50	-
Nuſsbaum	—	53	-	—	53	-
Maulbeerbaum	—	54	-	—	53	-
Flieder	—	53	-	—	52	-
Türkisch Flieder		51	-	—	53	-

1 J. de Ph. I. 172. 460. Anfangsgründe der theor. u. pract. Chemie v. H. de Morveau, Maret u. Dürande a. d. Fr. v. Weigel. Leipz. 1779. I. 49.

2 J. de Ph. XV. 234. XVI. 85.

3 Gren N. J. III. 299.

Den Versuchen ist eine Berechnung beigefügt, woraus hervorgeht, daſs die Adhäsion des Wassers an Holz für einen Quadratfuſs Fläche nahe genau einem Pfd. an Gewicht gleich kommt. Allein es läſst sich schon aus den analogen Erscheinungen der Cohäsion folgern, daſs man von den Ergebnissen bei kleinen Flächen nicht mit völliger Sicherheit auf gröſsere schlieſsen darf, schon deswegen, weil gleiche Beschaffenheit, Politur und die hierdurch bedingte genaue Berührung bei den einzelnen Theilen einer gröſseren Fläche nicht wohl statt finden kann, und directe ergiebt sich dieses auch aus den Versuchen von Bugge[1], welcher fand, daſs die Stärke der Adhäsion der Gröſse der Fläche nicht genau proportional sey.

Bei den Versuchen dieser Art übersah man zuweilen den Einfluſs der Temperatur ganz, meistens wurde indeſs die Wärme der untersuchten Flüssigkeiten zugleich mit angegeben. Indeſs ist bis jetzt der Einfluſs der Temperatur auf die Stärke der Adhäsion noch keineswegs genau angegeben, und gehört die Aufgabe, ein bestimmtes Gesetz über den Einfluſs der Wärme aufzufinden, wahrscheinlich unter die höchst schwierigen. Daſs die Temperatur sehr berücksichtigt werden müsse, indem sie die Adhäsion der Flüssigkeiten gegen feste Körper bedeutend vermindert, geht unter andern vorzüglich aus den Versuchen von C. J. Lehot[2] hervor. Dieser füllte communicirende Röhren mit verschiedenen Flüssigkeiten, lieſs sie in dem einen Schenkel in die Höhe steigen, und verschloſs diesen mit dem Finger, hob letzteren schnell weg und beobachtete die Zahl der Schwingungen. Die Zahl derselben war

Wasser	bei	92° C.	Schwing.	16
—	—	17 -	—	12
—	—	6 -	—	8
Alkohol	—	80 -	—	16
—	—	17 -	—	9
—	—	6 -	—	7

1 Schriften d. phys. Klasse d. dän. Ges. d. Wissensch. II. 249. G. XLVII. 17.

2 Observations sur l'éculement des fluides cet. Par. 1819. 8.

Zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes sind indefs noch genauere Versuche erforderlich[1].

Die bedeutendste Reihe von Versuchen ist diejenige, welche ACHARD anstellte[2], und woraus er zuerst fand, dafs der veränderliche Zustand des Barometers keinen Einflufs auf die Stärke der Adhäsion ausübe. Dagegen nahm dieselbe mit der Erhöhung der Temperatur ab, worüber er aus seinen Versuchen ein allgemeines Gesetz aufstellte. Ist x die Temperatur des Wassers, y die dieser zukommende Adhäsion nach dem Gewichte ausgedrückt; b der Coefficient von y, a eine constante Gröfse; so ist $x = a - by$. Um hierin die Gröfsen a und b zu bestimmen, nahm er zwei Versuche mit einer Glasplatte von $1\frac{1}{3}$ Z. Durchmesser, welche an destillirtem Wasser bei $67°$ und $36°,4$ C. durch 80 und 89 Gr. losgerissen wurden.

Hiernach war $67 = a - 80b$

$$36,4 = a - 89b$$

woraus $a = 339$ und $b = 3,4$ gefunden wird, und womit eine Reihe von Versuchen genau übereinstimmte. Man hat hingegen eingewandt, dafs die Zunahme der Adhäsion bei verminderter Temperatur sich wie die Quadrate der Cubikwurzeln der Dichtigkeiten verhalten müfsten[3], weil die Anziehung der Menge der berührenden Puncte direct proportional sey. Obgleich dieser Einwurf noch zweifelhaft ist, so scheint es doch nicht wahrscheinlich, dafs das allgemeine Gesetz durch zwei Versuche so einfach bestimmt werden könnte, und verdient die Sache daher aufs Neue genau untersucht zu werden.

ACHARD suchte ferner das Verhältnifs zwischen der Gröfse der Oberfläche und der Stärke der Adhäsion durch Platten von 1,5 bis 7 Z. Durchmesser auszumitteln, und fand, dafs dasselbe im directen Verhältnisse der Quadrate

---

1 Vergl. Gerstner bei G. V. 160. Girard Mém. de l'Inst. XIV. 249. Mém. de l'Ac. 1816. I. 187.

2 Mém. de Berl. 1776. 149. Chemisch-physische Schriften. Berlin 1780. I. 354.

3 The Cyclopaedia or universal Dictionary of Arts, Sciences and Literature. by A. Rees. Lond. XLVI. vol. 4. I. Adhesion.

der Durchmesser stehe, womit die Resultate der Versuche so genau übereinstimmen, daſs es überflüssig wäre, beide hier neben einander zu stellen, oder selbst die Versuche über die Adhäsion von Glasplatten von 1,5 bis 7 Z. Durchmesser mit verschiedenen Flüssigkeiten herzusetzen, indem sie aus der Formel $y = p\frac{b^2}{a^2}$ worin y die gesuchte Adhäsion für eine Platte vom Durchmesser a, aus p, der gefundenen für eine Platte vom Durchmesser b sehr leicht berechnet werden kann.

Indeſs liegt eine so genaue Uebereinstimmung als Achard gefunden haben will, ganz auſser den Grenzen der möglichen Genauigkeit bei Versuchen, und ist auch durch andere unzweideutige Thatsachen widerlegt. Aus einer sehr grossen Reihe von Resultaten enthält die nachstehende Tabelle die wesentlichsten, worin die Flächen 1,5 Z. Durchmesser, die Flüssigkeiten aber 21,2 C. Temperatur hatten:

	Wasser sp. G. 1000	Schwefels. 1868,4	Essigs 1019,7	Alkohol 842	Essigs. Blei 1131,5	Essigs. Kupf. 1000	Ol. Tart. 1368,4	liq. Amm. 1046	Aether 828,9	Terpentinöl 881,5	Mandelöl 907,8
Glas	91	115	87	54	98	96	105	82	54,5	60	66
Bergk.	90	112	86	52	99	95	103	80	53	58,5	66
Gyps	80	200	78	46,5	87	85	93	71	48	52,5	56,5
Schwf.	96,5	123	93	58	107	101	110	86	57,5	64	69
Wachs	97	120	93	56,5	106	103	111	88	59	64	71
Eisen	93,5	116	88	56,5	104	98	108	83,5	55,5	61	68
Kupf.	96,5	123	92	57	106	102	112	87	58	62,5	69
Zinn	94,5	—	91	55,5	103	100	108	86	55	61	69
Bley	100	129	98	59,5	111	107	115	91,5	61	67	72
Mess.	99	124	96	59	110	103	114	90	60	65	70,5
Zink	96	—	90	57	106	102	110	86	57	61	69

Gegen diese Versuche von Achard, auf gleiche Weise die von Dütour, und so mit gleichem Rechte gegen alle mit sogenannten Adhäsionsplatten hat man die gegründete Einwendung gemacht, daſs bei allen, die Platten benetzenden, Flüssigheiten nicht eigentlich die Adhäsion der letzteren

an festen Körpern, sondern mindestens zum Theil auch die Cohäsion[1] der Bestandtheile der Flüssigkeiten unter einander gemessen sey, weil offenbar diese letzteren um so mehr von einander gerissen wären, als die Platte vollkommener benetzt getrennt worden sey. Bésile[2] stellte absichtlich deswegen eine Reihe von Versuchen an, indem er Glasröhren an einer Waage aufhing, einen Theil der zu untersuchenden Flüssigkeit durch den Luftdruck in denselben hängend erhielt, sie dann mit der Oberfläche der Flüssigkeit in Berührung brachte, und das zum Losreifsen erforderliche Gewicht bestimmte. Die Sache bietet aus diesem Gesichtspuncte betrachtet einen für sich bestehenden Gegenstand der Untersuchung dar und verdienen die genannten Versuche allerdings wiederholt zu werden, um so mehr, als die gewöhnlichen, mit Adhäsionsplatten, keine andere, als gemischte Resultate geben können. Es müfste dabei aber auf die Temperatur Rücksicht genommen werden, und liefse sich dann der Unterschied der zum Losreifsen nöthigen Kraft und der weit geringeren, zum Fortgleiten der Flüssigkeiten übereinander erforderlichen, durch Vergleichung auffinden.

Mit Rücksicht auf die von Guyton, du Tour und Achard angestellten Versuche wiederholte Ruhland[3] dieselben abermals, und beachtete dabei zugleich den Einflufs der *Erwärmung* der adhärirenden Körper sowohl unmittelbar als nach wiedererfolgter Abkühlung; des *Reibens* und der *chemischen Einwirkung*. Sie begründen indefs kein allgemeines Gesetz, und können hier nicht vollständig mitgetheilt werden. Schwerlich wird auch das schon frühe durch Hamberger[4] aufgestellte Gesetz, wonach die Stärke der Adhäsion im zusammengesetzten Verhältnisse der spec. Gewichte der Flüssigkeiten und der festen Körper stehen soll, durch die Erfahrung bestätigt werden.

1 In dem gewöhnlichen Sinne des Wortes, wonach zwischen gleichartigen Theilen blofs Cohäsion statt finden soll.

2 J. de Ph. XXVIII. 171. XXX. 125.

3 Schweig. J. XI. 147.

4 Elementa physices. Jena 1735. §. 157 und 158.

Am vollständigsten und gründlichsten ist dieser Gegenstand erörtert, sind die älteren Versuche geprüft und mit neuen vermehrt durch LINK[1], welcher nicht blofs auf den Einflufs der Temperatur aufmerksam macht, sondern auch den schon erwähnten Umstand hervorhebt, doch nicht sowohl die Stärke der Adhäsion zwischen den Flüssigkeiten und festen Körpern, als vielmehr des Zusammenhanges der einzelnen Theilchen der Flüssigkeit unter einander gemessen werde[2]. Vermittelst einer genauen Waage bestimmte derselbe die Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an eine ebene und wagerecht aufgehangene Chalcedonplatte von 10,2 Lin. Durchmesser, und fand das zum Losreifsen derselben erforderliche Gewicht bei

Reinem Wasser	25	Gr. Med. Gew.
Schwefelsäure (sp. G. 1,803) . .	29	-
Salzsäure (sp. G. 1,408) . . .	25	-
Essigsaure Blei-Solution, gesätt. .	25	-
Salpetersolution — desgl. .	23	-
Glaubersalzsolution — desgl. .	22	-
Kaliauflösung (sp. G. 1,216) . .	21	-
Mandelöl	16	-
Steinöl	16	-
Terpentinöl	15	-

---

1 G. XLVII. 1 ff.

2 Link folgert aus der gröfseren Stärke des Zusammenhanges zwischen den Theilen der Flüssigkeiten, als diejenige ist, welche z. B. zwischen einzelnen Sandkörnchen stattfindet, dafs man erstere Erscheinung mit dem Namen: Cohäsion, bezeichnen müsse. Mir scheint indefs gerade hierin ein auffallender Beweis gegen den Guytonschen Sprachgebrauch, und für den oben festgesetzten zu liegen. Die einzelnen Quarzkörner, eben wie die Partikeln des zerstofsenen Glases u. s. w. sind offenbar gleichartig, und es müsste daher das Anhängen derselben unter einander, eben wie der Theilchen einer Flüssigkeit, zur Cohäsion gehören, folglich müfste die Stärke der Cohäsion sich aus diesem Zusammenhange messen lassen. Nach dem oben festgesetzten Sprachgebrauche aber gehören beide Phänomene zur Adhäsion, weil die Körper nicht starr sind, und ihre Theile sich auf einander ohne Mühe verschieben lassen. Zwischen den Theilchen eines jeden einzelnen Quarzkörnchens dagegen, als starren Körpers, findet Cohäsion statt, und die Stärke der Cohäsion des Quarzes liefse sich hiernach messen.

Alkohol (sp. G. 0,840)	. . . . .	15 Gr.
Alkohol absol.	. . . .	15 -
Schwefeläther	. . . .	10 -

Die Temperatur war 12° R., ihre Erhöhung verminderte die Adhäsion, doch zeigte eine Differenz desselben von 8° keinen merkbaren Einfluſs auf die Resultate. Hiernächst wiederholte LINK, mit der Modification, daſs er eine Schicht einiger der genannten Flüssigkeiten auf einer Platte eines festen Körpers ausbreitete, und das zum Losreiſsen der nämlichen Achatplatte erforderliche Gewicht suchte. Es wurden erfordert für

Wasser	auf	Glase	—	46 Gr. Med. Gew.
—	—	Zink	—	45 -
Bleizuckersol.	—	Glase	—	67 -
		Zink	—	80 -
Salpetersolut.	—	Glase	—	45 -
		Zink	—	31 -
Glaubersalzsol.	—	Glase	—	45 -
		Zink	—	54 -

Eine messingne Platte von 2 Z. Durchmesser wurde von einer Wasserfläche durch 214 Gr. losgerissen, von Wasser auf Glase ausgebreitet durch 475 Gr., auf Zink durch 920 Gr.; auf Kupfer durch 1000 Gr.

Die Ursache dieser abweichenden Resultate ist indeſs auch ohne die Annahme einer Cohäsion zwischen den Theilen der Flüssigkeiten nicht schwer aufzufinden, wie PARROT[1] genügend dargethan hat. Es ist nämlich der Zusammenhang zwischen den Theilen der Flüssigkeit unter einander schwächer, als die Adhäsion derselben an feste Körper, ohne welche Bedingung keine Benetzung und Tropfenbildung statt finden würde. Wird der feste Körper dann in Berührung mit einer gröſseren Masse der adhärirenden Flüssigkeit angehoben, so bildet die letztere unter ihm eine Rolle[2], deren Einschnitt in der Mitte tiefer wird, bis zum Zerreiſsen. Befindet sich die Flüssigkeit aber auf ei-

---

1 Theor. Phys. I. 70.

2 Vergl. G. G. Schmidt Handbuch d. Naturlehre. Gies. 1813. I. 161.

ner Platte, so wird durch die Anziehung der letzteren der untere Theil der Rolle mehr Ausdehnung, und somit ihr Einschnitt mindere Tiefe erhalten, eben daher aber zum Zerreifsen ein gröfseres Gewicht erforderlich seyn.

In specieller Beziehung auf dieses ebengenannte Phänomen ist Folgendes noch zu erörtern. La-Place[1] begreift die gesammten Erscheinungen des Anhängens einer ebenen Platte an irgend einer Flüssigkeit mit unter den Wirkungen der Capillar-Anziehung oder Capillarität, wie schon früher durch Thom. Young[2] geäufsert war, und wozu sie auch in so fern allerdings zu rechnen sind, als die letztere auf der Adhäsion flüssiger Körper an festen, und somit ursprünglich auf einer Anziehung in unmefsbarer Ferne beruhen. Die von ihm entwickelte allgemeine Formel für die Haarröhrchen-Anziehung[3] wendet er auch an, um die Kraft zu bestimmen, womit eine ebene, horizontale Glasplatte dem Wasser anhängt, durch das Gewicht ausgedrückt, welches zum Abreifsen derselben erforderlich ist. Hat die kreisrunde, horizontal hängende und völlig ebene Scheibe nämlich einen nicht zu kleinen Durchmesser, und wird sie von der Flüssigkeit vollkommen benetzt; so erfordert das Losreissen derselben eine Kraft, welche gleich ist dem Gewicht einer Säule dieser Flüssigkeit, deren Basis die Fläche der Scheibe, und deren Höhe die Quadratwurzel der in Millim. gegebenen Höhe ist, bis zu welcher dieselbe Flüssigkeit in einer 1^{mm} weiten Röhre von derselben Materie ansteigt. Diese Bestimmung kommt vollkommen mit dem Resultate überein, welches Gay-Lüssac durch seine höchst genauen Versuche erhielt, wonach eine kreisförmige Schiebe von weifsem Glase, $118^{mm},366$ im Durchmesser haltend, bei einer Temperatur von $8^{o},5$ C. durch ein Gewicht von 59,4 grammes vom Wasser losgerissen wurde. Die nämliche Platte wurde losgerissen

Von Alkohol sp. G. 0,81961 durch 31,080 Gr.
— — — 0,85950 — 32,870 -

1 J. de Ph. LIII. 413. G. XXXIII. 310.
2 Phil. Trans. 1805 I. 78.
3 Vergl. *Capillarität.*

Von Alkohol sp. G. 0,94153 durch 37,152 Gr.
— Terpentinöl — 0,86946 — 34,104 -

Die Versuche mit dieser Platte und Quecksilber gaben sehr ungleiche Resultate, welches als eine Folge der Reibung desselben angesehen wird. Alle Scheiben übrigens, welche von einem Flüssigen vollkommen benetzt werden, so dafs also bei der Trennung derselben die Flüssigkeit zerrissen wird, müssen unter sonstigen gleichen Bedingungen gleiche Gewichte hierzu erfordern, und bei verschiedener Gröfse derselben werden die Gewichte den Quadraten der Durchmesser im Allgemeinen proportional seyn. Trennen sich dagegen die verschiedenen berührendsn Flächen von der Flüssigkeit, so dafs also eine ungleiche Adhäsion statt findet; so verhalten sich die Attractivkräfte der verschiedenen Materien gegen die nämliche Flüssigkeit bei gleichem Volumen wie die Quadrate der Gewichte, welche erfordert werden, um einerlei Scheiben von der Oberfläche des Flüssigen loszureifsen.

Solcher Erscheinungen, welche eine Adhäsion der Flüssigkeiten an feste Körper im Allgemeinen, und eine verschiedene Stärke derselben im Besonderen zeigen, giebt es eine sehr grofse Menge, wovon einige der wichtigsten hier namhaft zu machen genügen wird. Dahin gehört das Zerfliefsen des Wassers auf fast allen Körpern, aufser auf Fettigkeiten, des Quecksilbers auf den meisten Metallen, das Herablaufen der Flüssigkeiten an den Rändern der Gefäfse, wenn man nicht die Ausgufsmündung verlängert, oder die Bewegung der Flüssigkeiten durch schnelles Umstürzen der Gefäfse beschleunigt. Wenn geringe Mengen einer tropfbaren Flüssigkeit sich an den Rändern der Gefäfse ansammeln, so entstehen in Folge der Adhäsionsgesetze Tropfen, welche erst dann herabfallen, wenn ihr Gewicht die Stärke der Adhäsion überwindet. Die Tropfen werden daher nach der Gröfse der berührten Fläche und der Stärke der Anziehung verschieden grofs seyn, welches beim Abtröpfeln der Medicin in Betrachtung kommt[1].

Wenn Wasser aus einer Röhre springt, welche schräg

---

1 S. *Tropfen*.

gegen ihre Axe abgeschnitten ist, so wird der Strahl durch das hervorstehende Ende der Ausgufsröhre seitwärts gezogen werden[1]. [Fig. 26.] Bringt man aber den geraden dünnen Wasserstrahl in Berührung mit einem Cylinder, welcher durch das Wasser benetzt wird, die Axen beider normal gegen einander gerichtet; so wird der Wasserstrahl sich in verschiedene kleinere spalten, welche Curven beschreiben, deren Krümmung durch den Conflict der ursprünglichen Richtung, der Anziehung des Cylinders gegen die Flüssigkeit, und durch die Schwere bestimmt wird. [Fig. 27.] Läfst man neben einer schrägen Fläche, z. B. eines Glases, einen nassen Faden lothrecht herabhängen, und bringt einen Wassertropfen an die Stelle, wo Faden und Fläche sich berühren; so wird durch die Adhäsion des Tropfens an beide Körper der Faden gegen die Fläche gezogen werden. Giefst man Wasser aus einem cylindrischen Glase langsam aus; so läuft es an der äufseren Wand herab, so lange bis die Fläche derselben horizontal gehalten wird, in welchem Falle sich überall Tropfen bilden und herabfallen. Eben dieses erfolgte bei den horizontalen Ausflufsröhren in den Gerstnerschen Versuchen über die Ausflufsgeschwindigkeiten des Wassers bei verschiedenen Temperaturen[2]. Man vermeidet dieses Herablaufen durch einen umgebogenen Rand, oder durch Beschleunigung der Geschwindigkeit der ausgegossenen Flüssigkeit. Bei bleiernen oder silbernen Gefäfsen und Quecksilber würden die nämlichen Erscheinungen statt finden.

Hierher gehört auch der bekannte Versuch Hawksbee's[3]. Bringt man nämlich zwischen zwei frisch gereinigte, unter einem spitzen Winkel gegeneinander geneigte Glasplatten einen Tropfen Wasser, so wird er beiden adhäriren, und der Schwere entgegen dahin gezogen werden, wo die Platten sich am nächsten sind. Noch besser zeigt sich die Erscheinung, wenn man mäfsig befeuchtete Glasplatten nimmt, und einen Tropfen Sassafrasöl oder Orangenöl dazwischen

1 Hamberger Elem. phys. §. 168. p. 140.

2 G. V. 169.

3 Course of mechanical experiments, by Francis Hawksbee. Lond. 1709. 4. in append.

bringt. Die Neigung der Platten gegen den Horizont läſst sich so einrichten, daſs das Gewicht des Tropfens mit seiner Anziehung gegen die Platten ins Gleichgewicht kommt[1]. Es sey, um dieses deutlicher zu machen, AC und BC der Durchschnitt zweier, in dem Winkel ACB gegeneinander geneigter Flächen; ghmf ein von beiden angezogener Tropfen. Sind ca, ea normal auf die Flächen, so kann man annehmen, daſs diese Linien die Richtung bezeichnen, in welcher der Tropfen von beiden angezogen wird. Diese zerfällt aber in ad und ac, deren erstere den Tropfen nach der Spitze hinaufzieht, Es ist aber ad = Tang. $\frac{1}{2}$ ACB, und die Kraft also, womit der Tropfen nach der Spitze gezogen wird, ist = 2 Tang. $\frac{1}{2}$ ACB. Indem aber das Verhältniſs ad . ac beständig ist, so wird der Tropfen um so mehr der Spitze zueilen, und die Wirkung seiner Schwere so viel vollständiger überwunden werden, je gröſser bei stärkerer Annäherung zur Spitze seine Berührungsfläche mit den Wänden der Scheiben wird[2].

Fig. 28.

Dieser *Erscheinung ähnlich, und gleichsam als Folge derselben anzusehen ist eine andere, nämlich daſs zwei parallele Platten, welche in geringem Abstande von einander in eine Flüssigkeit getaucht werden, sich einander zu nähern streben, es mag die Flüssigkeit zwischen ihnen höher oder niedriger stehen, als das Niveau derselben im Gefäſse ist.* Laplace[3] hat die Nothwendigkeit dieses Phänomens als Folge der Capillarität analytisch bewiesen, und aus den Gesetzen des hydrostatischen Druckes folgende allgemeine Formel dafür aufgestellt. Werden die in eine beliebige Flüssigkeit im Gefäſse ABCD eingetauchten Scheiben mn, op, einander genähert, und ist der horizontale Durchschnitt derselben da, wo die Flüssigkeit sie berührt, = l, die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit an der inne-

Fig. 29.

---

1 Hawksbee in Phil. Tr. XXVII. 396 und 474.

2 Newton Opt. qu. 31. p. 318 ed. Clark. Musschenbroek Diss. phys. de attractione speculorum planor. vitr. in Diss. phys. Viennae 1753. p. 77. F. A. C. Gren Grundriſs d. Naturl. 3te Aufl. Halle 1797. p. 101. Auch diese Erscheinung rechnet La Place zur Capillarität. G. XXXIII. 102.

3 G. XXXIII. 37 und 293.

ren Seite über das Niveau angehoben wird $mg = a$, an der äufseren Seite $hg = \alpha$; so ist die Kraft, womit sie sich nähern, dem Gewichte eines Cylinders der Flüssigkeit gleich, welchen die Formel $\frac{1}{2} l (a^2 - \alpha^2) = \frac{1}{2} l (a + \alpha)(a - \alpha)$ ausdrückt. Für die Depression sind a und α negativ. Giebt die Multiplication ein negatives Product, so verwandelt sich die Anziehung in Abstofsung, welches z. B. der Fall ist, wenn die im Wasser genäherten Glasplatten an der inneren Seite mit Fett bestrichen sind. Für Quecksilber dagegen sind beide Factoren negativ, geben daher ein positives Product, und die Scheiben werden sich daher in dieser Flüssigkeit nähern. Dieses ist auch dann der Fall, wenn an der einen Scheibe Attraction, an der andern Depression statt findet. Bringt man eine dünne Schicht Flüssigkeit zwischen zwei feste Scheiben, so ist die krumme Linie ϛ af, welche die Flüssigkeit begrenzt, eine Kreislinie. Kommt aber eine horizontale Platte mit der Flüssigkeit in einem weiten Gefäfse in Berührung, so liegt der tiefste Punct a der Krümmung etwa in 0,7 der Höhe der angehobenen Säule vom Niveau an, und die Adhäsionskraft kann durch die Formel $g \pi l^2 \text{Cos.} \frac{1}{2} w \sqrt{\frac{hq}{\text{Cos.} w}}$ ausgedrückt werden, worin q die Höhe ist, bis zu welcher die nämliche Flüssigkeit in einem Haarröhrchen von gleicher Masse, als wovon die Scheibe ist, und vom Durchmesser h angehoben wird, l der Halbmesser der Scheibe, g das sp. Gew. der Flüssigkeit, π das Kreisverhältnifs, und w der spitze Winkel, welchen die Flüssigkeit mit der Scheibe macht. Bei Scheiben, welche von der Flüssigkeit vollkommen benetzt werden, verschwindet dieser Winkel, und die Formel ist dann $g \pi l^2 \sqrt{hq}$. Wenn die Flüssigkeit die Scheibe nicht benetzt, wie Quecksilber das Glas, so erhält sie eine convexe Krümmung, welche die untere Fläche der Scheibe unter einem spitzen Winkel schneidet. Die Adhäsion der Scheibe kann hierbei nahe genau durch die Formel $g \pi l^2 \text{Sin.} \frac{1}{2} w \sqrt{\frac{hq}{\text{Cos.} w}}$ ausgedrückt werden[1].

Fig. 30.

---

1 G. G. Schmidt Naturl. I. 161. Minder einfach ist die La Placesche Formel selbst bei G. XXXIII. 315.

Dieser Erscheinung ähnlich sind zwei andere. Wenn sich nämlich im Gefäſse A eine die Wände benetzende Flüssigkeit, es sey Wasser in einem reinen Glase, befindet, welche daher an den Seiten desselben aufsteigt, und man legt auf dieselbe eine hohle Glaskugel; so wird diese zwar in der Mitte ruhen, sobald sie aber in die Nähe des Randes kommt, sich mit beschleunigter Geschwindigkeit demselben nähern, und hörbar daran schlagen. Man sieht bald, daſs die Anziehung des Wassers dieses bewirkt, welches an derjenigen Seite, wohin sich das Kügelchen bewegt, höher steht, z. B. bis g, an der entgegengesetzten bis h, und wenn man annimmt, daſs die Kraft, wodurch das Kügelchen nach a, und diejenige, wodurch es nach b sollicitirt wird, der anziehenden Wasserfläche proportional sey, so kann man ihr Verhältniſs nahe $= nm^2 : cm^2$ setzen, woraus die Beschleunigung der Bewegung bei gröſserer Annäherung zum Rande leicht erklärbar wird. Schwimmen zwei Körper auf dem Wasser, welche beide durch dasselbe benetzt werden; so werden sie sich mit einer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionalen Kraft anziehen[1]. Ist dagegen die Adhäsion der Flüssigkeit zum Gefäſse oder zum Kügelchen aufgehoben, z. B. durch Fett oder semen lycopodii, bei Quecksilber, oder wenn das Wasser bei überfülltem Gefäſse eine convexe Fläche bildet, so wird das Kügelchen aus gleichem Grunde vom Rande abgestoſsen werden. Es folgt hieraus zugleich, daſs zwei oder mehrere Kügelchen einander anziehen, oder einem eingetauchten Stäbchen folgen, und ähnliche Erscheinungen[2].

Fig. 31.

Fig. 32.

Eine ganz sinnreiche Anwendung der Adhäsion des Wassers an feste Körper, insbesondere rauhe Seile, gab Veranlassung zur Erfindung der bekannten *Vera'schen Seilmaschine*, deren hier gelegentlich gedacht werden kann, wenn gleich eine genauere Prüfung in die praktische Maschinenlehre gehört. Vera zeigte 1780 der pariser Akademie ein Modell dieser seiner Erfindung, welche von den prüfenden

1 Young in Phil. Tr. 1805. I. 78.

2 Godard in J. de Ph. 1779. p. 473, vorzüglich Guyton de Morveau in Mém. de l'Acad. 1787. p. 506.

Commissairen für sehr zweckmäfsig erkannt wurde [1]. . Die Hauptheile der Maschine nebst dem Principe, wonach sie Fig. construirt ist, sind aus der Zeichnung an sich klar. Eine 33. Rolle T nämlich, welche an irgend einem Gestelle angebracht, und vermittelst einer Kurbel gedrehet wird, bewegt durch das Seil ohne Ende eine Rolle, an deren Axe eine andere Rolle n schnell umläuft, und das oben um dieselbe, unten um die Rolle m geschlungene Seil ohne Ende ab in Bewegung setzt. Letzteres tritt hiernach aus dem Wasser irgend eines Behälters, hier des Gefäfses R, worin die Rolle m festgemacht ist, welche übrigens auch durch ein Bleigewicht herabgezogen werden kann; geht durch eine hinlänglich weite Oeffnung in den Kasten C, hebt die anhängende Wassermenge in denselben empor, und spritzt sie beim Umdrehen um die Rolle n gegen die obere Wandung des Kastens, an dessen Wänden das Wasser herabläuft, während sich der herabgehende Strick wieder in das Wassergefäfs senkt. Aus dem Kasten C, bei welchem die für das Seil bestimmten Löcher mit aufwärtsstehenden Röhren versehen sind, um das Zurückfliefsen des Wassers zu hindern, läuft das Wasser aus einer seitwärts angebrachten Röhre ab.

Das Modell, welches der Erfinder vorzeigte, leistete unglaublich viel. Mit einem Seile von 21 Lin. im Umfange wurden in 7,75 Minuten 250 Pinten Wasser aus 63 F. gehoben [2]. Es sind seitdem mehrmals Verbesserungen dieser Maschine vorgeschlagen, namentlich durch Landriani [3], welcher den zum Wasserheben bestimmten Strick auch über das treibende Rad zu schlingen räth, durch Venel [4] und vorzüglich durch Benzenberg [5]. Letzterer läfst zwei Rollen

1 J. de Ph. XX. 132. Lichtenberg nannte in seinen Vorträgen mündlich den bekannten J. Smeaton als den Erfinder, welcher zufällig auf die Idee gekommen sey, als er seinen Spatzierstock durch ein Loch im Eise der Themse steckte, dann schnell in die Höhe zog, und mit einem beträchtlichen Ueberzuge von Wasser bedeckt fand.

2 Lichtenb. Mag. I. 3. 45.

3 Description d'une Machine propre à élever l'eau cet. Genéve 1782. 8. Licht. Mag. II. 2. 69.

4 Hist. et Mém. de la Soc. des Sci. phys. de Lausanne. 1784 — 86. 4. T. II.

5 Voigt Mag. VI. 511.

mit bandförmigen Seilen ohne Ende durch ein gemeinschaft- liches gezahntes Rad in Bewegung setzen, und bringt zu- gleich beide Bänder so nahe, daſs ein massives Wasser- prisma zwischen ihnen hängen bleibt, und angehoben wird. Die Brauchbarkeit der Maschine, welche vorzüglich mit darauf beruhet, daſs man die unteren Rollen so leicht ohne weitere Vorrichtung in das Wasser z. B. eines Brunnens hinabsenken kann, wird sehr dadurch vermindert, daſs sich nicht wohl eine Substanz finden läſst, welche, zu den Sei- len genommen, dem zerstörenden Einflusse der Nässe auf die Dauer widersteht. Pferdehaare in dieselben zu flechten, oder sie mit einem dünneren Seile schraubenförmig zu um- winden, wie Landriani räth, vermehrt zwar die Dicke der Lage des angehobenen Wassers, hebt aber den eben er- wähnten Nachtheil nicht auf, auch dürfte dieses schwerlich durch die Wahl von Ginster (spartium) statt des Hanfes ge- schehen, wozu schon der Erfinder rieth. Nebenbei ist zu berücksichtigen, daſs auſser der zum Heben des Wassers er- forderlichen Kraft eine nicht unbedeutende Reibung zu über- winden ist, weswegen auch diese Maschine nicht eigentlich praktisch angewandt wird. Bertholet[1] setzte sie gleich anfangs sehr herab.

Fig. 34.

Aus der Adhäsion des Wassers sowohl an den Ufern, als auch der einzelnen Theilchen desselben unter sich ist zum Theil die Langsamkeit der Bewegung desselben in Fluſs- betten und überhaupt auf der geneigten Ebene erklärlich, indem die Geschwindigkeit des flieſsenden Wassers stets ge- ringer ist, als sie nach den Gesetzen des Falles seyn müſste[2]. Auch jene Erscheinungen gehören hierher, daſs so viele Körper, als Korn, Papier, die hygroskopischen Substanzen, Steine, Erden, die letzteren insbesondere, wenn sie locker im Gefüge sind, eine gröſsere oder geringere Menge Was- ser in sich aufnehmen und festhalten. Werden sie gebrannt, stark erhitzt und gedörret, so verlieren sie diese Eigenschaft gröſstentheils, erhalten sie aber durch gröſsere Lockerheit

1 Mécanique appliquée aux arts ect. Par. 1782. II. vol. 4.

2 Ueber das Ausströmen des Wassers und der Luft aus Röhren, und die dabei zu berücksichtigende Adhäsion S. *Hydraulik* und *Pneumatik*. I. Bd.

und einigen Grad der Feuchtigkeit wieder[1]. Hieraufberuhet zum Theil die Güte des Bodens, wenn er die Feuchtigkeit begierig anzieht, und lange festhält, der Nutzen der Brache, des Auflockerns u. s. w.[2].

Dafs die verschiedenen Flüssigkeiten eine ungleiche Anziehung zu den festen Körpern haben, ist oft erwähnt. Ein interessanter, dahin gehöriger Versuch ist folgender. Wenn man in ein cylindrisches Medicinglas von 0,75 bis 1,25 Z. Durchmesser Terpentinspiritus giefst, und über diesen vorsichtig Weingeist, mit Alcanna roth gefärbt; so wird die Berührungsfläche beider Flüssigkeiten nicht eben, sondern den statischen Gesetzen zuwider gekrümmt seyn, und zwar die des Terpentinspiritus um so viel mehr convex, je kleiner der Durchmesser des Glases ist, weil der Weingeist denselben von den Wänden des Glases verdrängt. Ist der Weingeist spec. schwerer, so läfst sich der Versuch umgekehrt anstellen, auch kommen die Flüssigkeiten bei einem solchen Versuche mit der Zeit meistens in die umgekehrte Lage[3].

Eine unlängst bekannte Reihe von Erscheinungen ergiebt, dafs verschiedene Flüssigkeiten einander von festen Körpern, *namentlich vom Glase*, verdrängen. *So* wird Wasser, insbesondere wenn es mit Lakmustinctur gefärbt ist, von einer Glasplatte durch einige Tropfen Terpentinspiritus, oder Weingeist; Terpentinspiritus aber durch Weingeist verdrängt[4]. Man wird hierdurch veranlafst zu glauben, dafs die Anziehung des Terpentinspiritus und Weingeistes zum Glase stärker sey, als des Wassers[5]. Allein hiergegen streiten die oben mitgetheilten Adhäsionsversuche, desgleichen der höhere Stand des Wassers, als des Weingeistes, in Haarröhrchen. Die Ursache liegt vielmehr in der

1 Leslie Kurzer Bericht von Versuchen und Instr. die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feucht. beziehen. Ueb. von Brandes. 1822. p. 98. Vergl. *Absorption.*

2 Schübler bei G. LI. 226. Drapier in Ann. génér. des sciences physiques. Brux. I.

3 Vergl. Boyle in Phil. Tr. XII. N. 151. p. 775.

4 Draparnand in Ann. de Chim. XLVII. 303. G. XXIV. 130.

5 Nach Carradori bei G. XXIV. 137 und Parrot theor. Physik I. 78.

Anziehung des Weingeistes zum Wasser, wodurch die Anziehung des letztern zum Glase aufgehoben wird, ein sehr wichtiges, in den genannten Erscheinungen höchst auffallend hervortretendes Naturgesetz. Die gröfste Reihe von Versuchen über das gegenseitige Verdrängtwerden der Flüssigkeiten durch einander von der Oberfläche des Glases hat Prevost[1] angestellt, und viele der erhaltenen Resultate mitgetheilt. So verdrängen einander folgende Substanzen in der angegebenen Ordnung: Aether, Alkohol, wesentliches Pfeffermünzöl, Bergamotöl, Majoranöl, Sarrietteöl, Mohnöl, Olivenöl, Nufsöl nebst vielen andern Oelen, Wasser. Das reine Wasser dagegen vertreibt salzige und erdige Lösungen, und diese wieder andere in folgender Ordnung: Wasser, Alaunlösung, Vitriollösung, Glaubersalz - Salpeter-Kochsalz- salzsaure Ammoniak-Lösung, und noch verschiedene andere. Noch viele ähnliche angegebene Erscheinungen zeigen das mannigfaltige Spiel der gegenseitigen Anziehung der Körper.

Dafs die verschiedenen Flüssigkeiten gleichfalls eine gegenseitige Adhäsion zu einander zeigen müssen, läfst sich aus der Allgemeinheit dieses Naturgesetzes erwarten, geht aber aufserdem aus einer Menge von Erscheinungen unverkennbar hervor. Einen interessanten Versuch dieser Art beschreibt Lehot[2]. Richtet man zwei, aus feinen Röhren ausströmende Wasserstrahlen gegen einander; so werden sie sich in einer einzigen vereinigen, und ist einer derselben dicker; so wird der andere eine Spirallinie um denselben beschreiben. Sehr auffallend, und zum Beweise des Zusammenhanges der Bestandtheile einer Flüssigkeit unter sich vorzüglich geeignet sind folgende Erscheinungen. Läfst man Wassertropfen auf Wasser, oder Weingeisttropfen auf Weingeist, oder sonstige Tropfen einer Flüssigkeit auf eine gröfsere Fläche derselben aus geringen Höhen insbesondere schräg herabfallen, z. B. beim Filtriren; so zerfliefsen diese einzelnen Tropfen, welche bei einem geringen Gewichte und dem starken Zusammenhange ihrer Theile unter einander die

1 Ann. de Chim. XL. 19.

2 Observations sur l'écoulement des fluides, Par. 1819.

Fläche der gleichartigen Flüssigkeit nur in einem Puncte berühren, auf derselben nicht sogleich, sondern rollen oft ohne Veränderung ihrer Form eine bedeutende Strecke fort, stoſsen sogar zuweilen an einander, und fahren dann wieder auseinander[1]. Auffallend zeigt sich dieses Phänomen, wenn beim Rudern auf einer stillen See eine groſse Menge Wassertropfen in die Höhe geschleudert werden, und über die Wasserfläche hinrollen.

Da die genannte Erscheinung auf gleiche Weise und wegen geringerem spec. Gew. und minder starker Anziehung der einzelnen Theile des Weingeistes untereinander auch bei diesem noch auffallender statt findet, so hat man nicht Ursache mit Rumford anzunehmen, daſs das Wasser auf seiner Oberfläche gleichsam eine Haut bilde, welche das Eindringen in dasselbe hindere, noch ist es als ohne Weiteres für ausgemacht zu halten, daſs die umgebende Luft nach Bellani[2] die einzige Ursache des Phänomens sey, auch drückt sich Guyton Morveau[3] wohl zu stark aus, wenn er den Grund in der Verminderung des spec. Gew. der Kügelchen durch die Luft findet, obgleich ohne Zweifel die Adhäsion der Luftschicht die Adhäsion der Kügelchen und des Wassers vermindert[4]. Rumford folgert übrigens seine Behauptung aus einer interessanten Reihe von Versuchen[5], woraus er zugleich schlieſst, daſs die Luft das Schwimmen kleiner spec. schwererer Körperchen auf dem Wasser, z. B. der Nähnadeln, wenn man sie behutsam darauf legt, nicht bedinge. Er brachte nämlich feine Nähnadeln, kleine Kügelchen Zinn und Quecksilber u. dgl. auf Wasser zum Schwimmen, über welchem eine Lage Schwefeläther, Terpentinöl, oder Olivenöl stand. Sie drangen durch die übergegossenen Lagen bloſs an die Oberfläche des Wassers, drückten diese zu einer kleinen Vertiefung ein, und blieben in derselben ruhend. Wurde

1 Guyton Morveau in Mém. de l'Ac. 1788. p. 511.

2 Brugnatelli Giorn I. 261.

3 Mém. de l'Ac. 1788. p. 511. Car c'est la couche d'air adhérante à la surface des globules, qui diminue leur pesanteur spécifique et les fait flotter.

4 Bizio in Brugnat. Giorn. Bim. II. I. 279.

5 G. XXV. 121.

aber Alkohol vorsichtig über das Wasser gegossen, deren Anziehung zu einander die Bildung der vermeintlichen, und selbst am Rande des Glases klebenden Haut auf der Oberfläche des Wassers hinderte, so sanken die kleinen Körperchen ungehindert hinab. Rumford nimmt an, daſs auch an der unteren Fläche des Wassers, wenn dasselbe über Quecksilber steht, eine solche Haut gebildet werde, welche kleine Kügelchen Quecksilber hindert in der Masse des Metalls zu zerflieſsen, obgleich sie durch das Wasser herabsinken. Allein es ist unnöthig, auſser der Adhäsion der Wassertheilchen unter sich noch die Bildung einer Haut auf der Oberfläche desselben anzunehmen, welche ohnehin bei Wasser, wenn man dasselbe mit einem Glasstabe schnell umrührt, jederzeit zerstört und aufs Neue gebildet werden müſste. Es hindert nämlich die Adhäsion des Wassers an der Oberfläche des Quecksilbers und der Quecksilberkügelchen das Zerflieſsen der letzteren in der gröſseren Masse des ersteren, wozu noch das geringe Gewicht und die Kleinheit der Berührungsfläche kommt. Hiervon überzeugt man sich leicht, wenn man einige Unzen Quecksilber mit einer hinlänglichen Quantität Wasser in einem Medicinglase anhaltend schüttelt, indem dann die ganze Masse des ersteren sich in lauter einzelne Kugeln zu trennen pflegt, deren Wiedervereinigung nicht ohne Mühe bewerkstelligt wird. Aehnlich hiermit ist die Erscheinung, daſs Quecksilberkügelchen, um welche sich eine dünne Lage Staub angelegt hat, sich gar nicht oder nur schwer vereinigen lassen. Wenn man indeſs die Bildung einer Haut auf der Oberfläche des Wassers nicht annimmt, welche im Groſsen durch den Wind stets zerrissen werden müſste; so kann man dennoch mit Recht der Folgerung Rumford's beitreten, daſs ohne die Adhäsion der einzelnen Theile des Wassers unermeſsliche Massen desselben bei seinem geringeren spec. Gew. weit leichter durch den Sturmwind aufgehoben und fortgeführt werden würden, als dieser groſse Staub- und Sandwolken vor sich hertreibt [1]. Daſs

---

1 Vergl. Carradori bei Brugnat. Giorn. I. 467 Man muſs hierbei indeſs zugleich berücksichtigen, daſs das Wasser vermöge seiner Flüssigkeit beim Nachlassen des Sturmes sogleich dem niedrigsten Orte

kleine Körperchen nicht auf gleiche Weise auf Aether und Alkohol schwimmen, folgt weniger aus dem geringeren spec. Gew. dieser letzteren Flüssigkeiten, als vielmehr aus ihrer eigenen geringeren Adhäsion, woraus Rumford nicht ohne Grund folgert, daſs sie zugleich auch leichter verdunsten, als Wasser. Endlich ruhet eben deſswegen auf der Oberfläche derselben ein weit dichterer Dampf mit Luft gemengt, welcher eine minder scharfe Begrenzung zwischen ihrer Oberfläche und der begrenzenden Luft gestattet.

Unter die Erscheinungen, welche den Zusammenhang der Theile flüssiger Körper beurkunden, gehört auch diese, daſs Goldblättchen ihres groſsen spec. Gew. ungeachtet, im Wasser nicht untergehen, deſsgleichen daſs die feinsten Theile der Pigmente im Wasser beständig oder mindestens lange Zeit schweben bleiben, weil die Adhäsion der Wassertheilchen zu einander das Niedersinken hindert [1]. Der mehr erwähnte Versuch, daſs man trockne Nähnadeln auf Wasser vorsichtig niedergelegt, zum Schwimmen bringen kann, wird übrigens von La Place gleichfalls auf die Capillarität zurück geführt. Nach Parrot [2] hat eine stählerne Nähnadel von 0,5 p. Lin. Durchmesser und 19 Lin. Länge, deren Gewicht 3,5 Gran beträgt, das Maximum der Gröſse, wobei das Schwimmen noch möglich bleibt. Auſser dem Schwimmen selbst zeigen indeſs die Nähnadeln, wenn zwei derselben auf eine ruhige Wasserfläche gelegt werden, noch eine interessante Erscheinung der Adhäsion, indem sie sich einander nähern und ihrer Länge nach neben einander legen [3].

Robison [4] setzt diese Erscheinung in Parallele mit einer andern sehr bekannten, daſs nämlich kleine Wasserthierchen, namentlich Spinnen, über die Oberfläche des Wassers hinlaufen, ohne unterzusinken. Dieses erklärt sich daraus,

---

wieder zuflieſst, wenn es auch eine Strecke fortbewegt ist, Sand und Staub aber liegen bleiben, um von einem nächsten Windstoſse wieder weiter geführt zu werden.

1 Parrot Theor. Phys. I. 87. Vergl. *Schwimmen.*

2 Ebend. I. 539.

3 Pichard in Bibl. univ. XXV. 273.

4 System of Mechanic. Phil. Edinb. 1822. IV Vol. 8. I. 243.

dafs ihre Füfse unten in kleine Sterne von 5 bis 6 Spitzen auslaufen, welche sich, wie die Nähnadeln über dem Wasser halten, in welches sie gleichfalls einen Eindruck oder eine Vertiefung machen.

Auch bei den Flüssigkeiten unter einander zeigt sich sehr auffallend das allgemeine Gesetz der Adhäsion, wonach dieselbe durch die Anziehung der Theile derselben unter sich und gegeneinander bedingt wird. Am interessantesten in dieser Hinsicht sind Carradori's Versuche [1]. Ein Tropfen Olivenöl oder auch Euphorbiensaft breitet sich über eine grofse Fläche reinen Wassers als ein dünnes, farbenspielendes Häutchen aus, ein zweiter nicht. Auch andere Pflanzensäfte und Weingeist zeigen die nämliche Erscheinung. Feines Mehlpulver verbreitet sich gleichfalls über die Fläche desselben, und zwar die genannten verschiedenen Substanzen mit einer verschiedenen Stärke der Adhäsion, indem die letzteren Substanzen das Oel aus seiner Stelle an den Rand treiben, vom Oele aber nicht vertrieben werden [2]. *Link hat viele dieser Versuche zum Theil wiederholt, zum Theil auch durch neue, mit verschiedenen* Flüssigkeiten angestellte vermehrt, deren manche sich nicht blofs auf dem Wasser, sondern auch auf Quecksilber und selbst auf Glasplatten ausbreiten, und vermöge ihrer stärkeren Adhäsion einander verdrängen. Das Interessante der Erscheinung, dafs ein zweiter Oeltropfen sich auf der Wasserfläche nicht mehr ausbreitet, läfst sich daraus erklären, dafs die Adhäsion des Wassers zum Oele durch den feinen Ueberzug gleichsam gesättigt ist, folglich die Theilchen des hinzukommenden Tropfens ihrer eigenen Anziehung ungehinderter folgen können. So zusammengesetzt übrigens die Erscheinungen sind, welche sich hierbei darbieten, so lassen

1 Opuscoli scelti di Milano. XIX. Atti della Soc. Ital. delle Scienze. XI. und XII. Brugnatelli Ann. di Chimica. XVII. J. de Phys. XLVIII. 287. Ann. de Chim. XXXV. 87. LI. 216. G. XII. 108. XXIV. 135. Voigt Mag. II. 87.

2 Die hier angenommene Erklärung und die Existenz einer sogenannten Flächenanziehung überhaupt bestreitet Dispax mit ungenügenden Gründen. S. Ann. de Chim. LVII. 14. G. XXIV. 184. wie Carradori in Ann. de Chim. LXII. 65 zeigt.

sie sich doch dem Wesen nach sämmtlich auf Adhäsion oder Flächenanziehung zurückführen [1].

Die Kraft, womit manche Flüssigkeiten sich mit einander, eines mechanischen Widerstandes ungeachtet, zu verbinden streben, zeigt sich vorzüglich in einem interessanten, von PARROT [2] angegebenen Versuche. Füllt man ein kleines Opodeldockglas mit gutem Weingeiste möglichst voll, bindet dann ein Stück stark in Wasser erweichte Rindsblase fest darüber, und taucht den ganzen Apparat in einem Glase mit Wasser unter; so wird im Verlaufe einiger Stunden, des Widerstandes der Blase ungeachtet, eine Menge Wasser zum Weingeiste dringen, und die Blase so stark in die Höhe treiben, daſs beim Einfachen mit einer Nadel ein mehrere Fuſs hoher Strahl herausspringt. Die Ursache liegt in der Anziehung des Weingeistes zum Wasser, wodurch der erstere im Glase die in der Thierblase befindlichen, ihn zunächst berührenden Theile des letzteren aufnimmt, und dadurch ein folgendes Theilchen nöthigt, an dessen Stelle zu treten, wodurch allmälig das Gläschen überfüllt wird. Man kann den Versuch auch umkehren, und das Gläschen mit Wasser gefüllt in ein gröſseres Gefäſs mit Weingeist setzen. Auf ähnlichen Gesetzen beruhet das Verdunsten des Weingeistes aus Gefäſsen, worin Präparate aufbewahrt werden, nach v. SÖMMERRING's Untersuchungen [3], indem die Menge des reinen Alkohols in Gläsern, welche mit Thierblase überbunden sind, durch Anziehung des Wassers aus der Luft scheinbar zunimmt, des schlechteren aber bedeutend vermindert wird. Sinnreich gründet SÖMMERRING hierauf ein Verfahren, junge Weine früher zu veredeln, als dieses auf die gewöhnliche Weise zu geschehen pflegt, indem er dieselben in groſse Zuckergläser füllt, diese mit Rindsblase fest zubindet, und in mäſsiger Temperatur im Schatten 3 bis 12 Monate ruhig stehen läſst. Durch stete Verdun-

1 Viele ausführlich erzählte Versuche, welche hier nicht einzeln mitgetheilt werden können, finden sich bei G. XXIV. 130.

2 Theor. Phys. II. 331.

3 Münchener Denkschr. 1811. und 12. p. 273. 1814 und 15. p. 137, 1818 — 20. p. 245. G. LXI. 104.

stung der wässerigen Antheile ist der, auf diese Weise behandelte, junge Wein dem gleichen, auf Fässern aufbewahrten, allezeit an Güte bedeutend voraus, wobei es indeſs fraglich bleibt, ob die Verdunstung der wässerigen Theile als alleinige Ursache dieses Erfolgs anzusehen sey.

Noch interessanter, als in den eben erwähnten Erscheinungen zeigt sich das Bestreben nach Verbindung verwandter Flüssigkeiten, wenn man über das eine Ende von beliebig weiten Glasröhren ein Stück Rindsblase bindet, eine Flüssigkeit hineingieſst, und in ein Gefäſs mit einer andern verwandten Flüssigkeit senkt, wie N. W. Fischer durch eine Reihe von Versuchen gezeigt hat[1]. Befindet sich unter andern in der Röhre gesalzenes Wasser, im Gefäſse aber reines, oder umgekehrt, so wird nach einiger Zeit in beiden gesalzenes Wasser seyn. Eben so werden die ungleichen, getrennten Flüssigkeiten in beiden Gefäſsen gleichartig, wenn in dem einen Alkalien oder Säuren, oder metallische Solutionen befindlich sind. Befindet sich in der Röhre Wasser und ein *Metall*, z. B. *Zink*, welches die metallische Solution im *Gefäſse* z. B. *Bleizuckersolution niederschlägt*; so wird die letztere nicht bloſs durch die Blase dringen, sondern auch das Niveau in der Röhre unter Umständen selbst einen bis einige Zolle höher werden, die metallischen Vegetationen aber bilden sich durch die Blase und unter derselben. Gieſst man eine verdünnte Auflösung von essigsaurem Blei in einen gläsernen Cylinder, bindet über denselben eine starke Rindsblase und selbst auch Papier, und stürzt denselben auf eine Platte Zink um, so bildet sich ein Niederschlag von regulinischem Blei an beiden Seiten der Blasenfläche, hauptsächlich an der inneren. Gleichfalls entstehen metallische Vegetationen, wenn man den Cylinder mit verdünntem salpetersauern Silber über Kupfer stellt[2]. Aehnlich diesem ist das längstbekannte Phänomen, daſs Thierblasen mit Gasarten gefüllt, und frei aufgefangen, nach etwa zwei bis drei Tagen atmosphärische Luft enthalten.

Auch zwischen *expansibelen Flüssigkeiten* und festen Körpern sowohl als auch tropfbar flüssigen findet Adhäsion

---

1 G. LXXII. 289.

2 Bischof bei Schweig. N. F. VI. 119.

statt, wie denn auch nicht minder zwischen den Gasarten und Dämpfen unter einander. Indem aber dieser, eine Menge interessante Phänomene begreifende Gegenstand schon erschöpfend vorgetragen ist[1], so wird es genügen, hier nur einige, mehr mechanische Wirkungen dieser Adhäsion namhaft zu machen. Aus dieser ist es unter andern erklärlich, dafs die Capillardepression und die hieraus folgende Convexität des Quecksilbers in der torricellischen Röhre durch Anwesenheit von Luft gröfser wird, und dafs Luftbläschen unter Flüssigkeiten sich an die Wände der Gefäfse und an hineingetauchte Körper anlegen. Wenn man z. B. verdünnte Schwefelsäure vermittelst eines Trichters vorsichtig unter eine Auflösung gemeiner Pottasche in Wasser bringt; so steigen eine Menge Luftblasen in die Höhe, welche sich an hineingetauchtes Papier oder ein Hölzchen in grofser Menge ansetzen. Bringt man ein Stück trocknes Holz im Wasser unter die Campane der Luftpumpe, und exantlirt, so werden sowohl aus dem Holze als dem Wasser eine Menge Luftblasen entwickelt, welche dem Holze adhäriren und das spec. Gew. desselben, meistens auch seinen Schwerpunct, verändern. Ohngeachtet des geringen spec. Gewichtes derselben werden diese Luftbläschen, welche bei einer hundertfachen Verdünnung gegen 80000mal leichter als das Wasser sind, dennoch durch die Stärke der Adhäsion an dem Holze oder auch an den Glaswänden zurückgehalten. Nach PARROT[2] beträgt ohne Rücksicht auf die Luftverdünnung, die Kraft, womit ein Luftbläschen von 1 Lin. Durchmesser im Wasser aufsteigt, etwa 0,1 Gran, und ihre Adhäsionsfläche etwa $\frac{1}{18000}$ Z., mithin die Stärke der Adhäsion der Luft für einen Quadratzoll 1800 Gr. Verbindet sich Luft mit Wasser, oder werden überhaupt expansibele Flüssigkeiten von tropfbaren absorbirt; so bemerkt man bei vielen keine Vermehrung des Volumens. Man kann sich vorstellen, dafs die gasförmigen Substanzen hierdurch den Zustand der Expansion verlieren, indem sie an die tropfbaren Flüssigkeiten gebunden werden, und dann müfsten sie durch die Kraft der Ad-

1 S. *Absorption.*
2 Theor. Phys. I. 73.

häsion zur Dichtigkeit der Flüssigkeiten gebracht werden, welches als mechanischer Druck betrachtet gegen achthundert Atmosphären betragen würde[1]. Diese aufserordentliche Stärke der Adhäsion von Luft und Feuchtigkeit an feste Körper wird auch dadurch noch vorzüglich sichtbar, dafs es so schwer hält, die letzten Antheile derselben durch Auskochen vom Quecksilber der Barometer zu entfernen.

Wenn gleich problematisch hinsichtlich der wirkenden Ursache, doch nach der Ansicht vieler Physiker hiermit verwandt, als Folge einer Flächenanziehung, ist die drehende Bewegung des Kampfers und verschiedener anderer Substanzen auf Wasser und sonstigen Flüssigkeiten. Wenn man nämlich in eine flache porzellanene Schüssel oder auf einen Teller Wasser bis zu einer Linie hoch giefst, dann ein Stückchen Kampfer, etwa von der Gröfse einer Linse darauf legt, so treibt dieses das Wasser zurück, wie ein Tropfen Weingeist. Ist aber die Schicht des reinen Wassers höher, so dafs kleine und sehr kleine Stückchen Kampfer darauf schwimmen, so gerathen diese in eine sehr schnelle drehende Bewegung, welche augenblicklich aufhört, wenn man einen Tropfen Oel auf das Wasser giefst.

Die Erscheinung selbst hat man lange gekannt, allein rücksichtlich ihrer Erklärung sind die Ansichten der Physiker verschieden. Einige leiten dieselbe von einem, aus dem Kampfer ausströmenden riechbaren Stoffe ab, welcher als expansibeles Fluidum das Wasser zurücktreiben und durch die Reaction des letzteren in drehende Bewegung gerathen soll. Diese Meinung äufserte schon v. Bergen[2], welcher die Ströme den Nolletschen elektrischen Strahlenbüscheln ähnlich gesehen haben wollte. Späterhin traten ihr im Allgemeinen bei Lichtenberg[3], Volta, Caldani und vorzüglich Prevost[4], welcher die Erscheinung aufs

1 Vergl. Robison System of mechanical Philosophy. Edinb. 1822. IV. vol. 8. I. 232. Vergl. *Absorption*.

2 Nov. Act. phys. med. Acad. Nat. cur. Norimb. 1757. I. obs. 49. p. 195.

3 v. Crell. chem. Ann. 1794. II. 215.

4 Ann. de Chim. XXI. 254. XXXVII. 38. Gren. N. J. IV. 212. Scherer's J. I. 143. ff. wo zugleich die Quellen angegeben sind. Biot ex-

neue wieder in Anregung brachte, nebst DRAPARNAUD[1] und G. G. SCHMIDT[2]. Eben diese Meinung sucht SERÜLLAS[3] zu vertheidigen, indem er gleiche drehende Bewegungen auch bei Potassium und sonstigen, das Wasser zersetzenden Metallen als Folge des ausströmenden Wasserstoffgas wahrnahm. Prevost[4] unterstützt seine Ansicht noch aufserdem durch die Analogie einer Menge ähnlicher Versuche, welche indefs sämmtlich gleichfalls der Anziehung untergeordnet werden können. Einige der interessantesten sind folgende. Giefst man auf einen Teller etwa 3 Lin. hoch Wasser, und setzt auf eine Unterlage von etwa 8 Lin. über dessen Niveau ein Uhrglas mit einigen Tropfen Aether, so bewegen sich kleine Stückchen Blattgold oder Blattzinn auf dem Wasser nach verschiedenen Richtungen. Die genaue Beobachtung dieser Erscheinung zeigt indefs bald die eigentliche Ursache derselben. Wäre diese in einer Ausströmung des Aethers zu suchen, so müfsten die Goldblättchen nach dem Rande des Gefäfses hin getrieben werden, welches aber nicht geschieht, vielmehr bedarf es der angegebenen Vorrichtung nicht einmal, sondern wenn man kleine Stückchen Goldblättchen auf Wasser schwimmen läfst, und über demselben ein Glas mit Aether öffnet, oder von fern her einen Tropfen Aether an einer Glasröhre nähert, so werden die Goldblättchen sämmtlich in schnelle Bewegung versetzt, weil der Aetherdampf sich nach den Gesetzen der Anziehung eben so, als ein Tropfen Oel der ganzen Oberfläche des Wassers mittheilt. Hieraus kann auch sein zweites Experiment beurtheilt werden. Setzt man ein Uhrglas mit einigen Tropfen Aether auf einen mit Wasser blofs benetzten Teller, so werden sich auf demselben leere Kreise mit einem Tropfen in der Mitte

---

trait des recherches de Ben. Prevost et de quelques autres Physiciens sur les mouvements des substances odorantes placées sur l'eau. Soc. Phil. an. IX. p. 42. G. XXIV. 147., wo sich viele literär. Nachweisungen finden.

1 Experiences et observations sur le mouvement gyratoire de molecules de campher. Journ. de Santé et d' Hist. Nat. de Bourdeaux. III. 264. Ann. de Chim. XLVII. 303.

2 Scherer's J. 1. 705. Handbuch d. Nat. I. 302.

3 J. de Ph. XCI. 185.

4 Ann. de Chim. XL. 1. ff.

bilden. Auch ein kleines Gefäſs auf Wasser schwimmend kommt in Bewegung, wenn man einige Tropfen Aether hineingieſst.

So viel sich indeſs für diese Erklärungsart der interessanten Phänomene auch sagen läſst, so stehen ihr doch bedeutende Argumente entgegen. Das wichtigste ist, daſs die riechbaren Ausdünstungen äuſserst fein sind, und schwerlich als mechanisch wirkende Substanzen angesehen werden können[1]. Vorzüglich aber ist zu berücksichtigen, daſs namentlich der Kampfer nach den Versuchen von Venturi[2] und von mir[3] weder im Guerickschen, noch im Torricellischen Vacuo einen Dampf von meſsbarer Elasticität bildet, auch unter Wasser dem Einflusse einer mäſsigen Wärme und dem Sonnenlichte ausgesetzt, keine Spur einer expansibelen Flüssigkeit entbindet, daſs aber allerdings die Theile desselben an das Wasser übergehen, indem letzteres eine geringe Menge desselben in sich aufnimmt, wie durch den Geruch kenntlich wird[4]. Daſs also eine Anziehung der Theile des Wassers und Kampfers statt findet, ist somit erwiesen; indem aber ein aus dem Kampfer strömender elastischer Dampf von bedeutender Stärke und Dauer seyn müſste, wenn er nicht bloſs die drehende Bewegung der kleinen Partikelchen, sondern auch das Zurückstoſsen der dünnen Wasserschicht im ebenerwähnten Versuche bewirken sollte; so liegt hierin ein bedeutendes Argument, auch die drehende Bewegung desselben einer Anziehung (Flächenanziehung) beizumessen. Diese Meinung hegen auſser den schon genannten auch Brugnatelli[5], welcher nach seinen Versuchen eine Anziehung zwischen den Theilchen des Wassers und einem aus dem Kampfer ausflieſsenden ätherischen Oele annimmt; vorzüglich Carradori[6], welcher neben einer groſsen Reihe eigener Experimente insbesondere die Behauptun-

1 Vom spiritus rector S. *Geruch.*

2 G. II. 298. u. 306. Ann. de Chim. XXI. 261.

3 Muncke Physical. Abhandl. Giessen 1816. p. 444.

4 Venturi Mém. de l'Inst. Sav. Etr. I. 125. Muncke phys. Abh. p. 432.

5 v. Crell chem. Ann. 1788. I. 407. 1794. II. 214.

6 Brugnatelli Giorn. IX. 124. Ann. de Chim. LI. 216. G. XXIV. 140. 152—157. ff.

gen von Draparraud prüft und zu widerlegen sucht: Link[1], Parrot[2] vorzüglich deswegen, weil eine dünne Schicht Oel oder ein dünnes Staniolblättchen als Unterlage unter den Kampfer die Bewegung aufhebt, und andere.

Indefs steht auch dieser Erklärung ein von vielen nicht hinlänglich gewürdigtes, aber dennoch unleugbares Factum entgegen, nämlich dafs die kleinen Kampfertheilchen eine gleiche Bewegung auch auf *trocknem* Quecksilber zeigen, so lange die Fläche desselben hinlänglich rein ist[3]. Dafs hierbei die Erscheinung nicht dem Einflufs des Wassers beizumessen sey, ergiebt sich mit Evidenz aus der minder lebhaften Bewegung auf einer benetzten Quecksilberfläche. Weil indefs die Bewegung nach einiger Zeit aufhört, und dann auch frische Kampferstückchen sie nicht zeigen, wie doch wohl geschehen müfste, wenn die Erscheinung eine Folge der Ausdünstung wäre; so behält die Hypothese immer viel für sich, welche die Anziehung der Wasser- oder Quecksilberfläche und zugleich der Luft gegen die feinen verdampfenden Partikelchen Kampfer als Ursache dieses Phänomens ansieht. Insbesondere sucht Carradori[4] dieselbe durch eine Reihe von Versuchen zu unterstützen, welche er mit Phosphorstückchen auf einer glatten Quecksilberfläche anstellte. Auch diese bewegen sich drehend auf derselben, und erzeugen im Dunkeln einen Lichtschein, liegen aber still, sobald die Oberfläche mit einer Haut überzogen ist. Hiernach sollen also auch die Kampferstückchen die Wasser- und Quecksilberfläche mit einem feinen Häutchen überziehen, wie ein Tropfen Oel, und sonach wäre auf allen Fall die Adhäsion der Kampfertheilchen an die Oberfläche des Wassers oder Quecksilbers die Ursache des Phänomens. Einen Beweis hierfür findet Carradori ferner darin, dafs ein Tropfen Euphorbiensaft sich nicht auf der Quecksilberfläche ausbreitete, nachdem Phosphorstückchen darauf gelegen hatten,

1 G. XXIV. 128. XXVI. 146.

2 Theor. Phys. I. 83.

3 Prevost in Ann. de chim. XL. 9.

4 Brugnatelli Giornale quarto bim. T. III. p. 261.

wohl aber ein Tropfen Oel, wegen stärkerer Adhäsion, auch liefs sich die sehr dünne Haut des Phosphors mit einem Messer von der Oberfläche des Quecksilbers wegnehmen, worauf die unterbrochene Rotation wieder anfing. Bei sehr niedriger Temperatur sollen nach Accum die Bewegungen des Kampfers auf Wasser wegen geringerer Adhäsion aufhören.

Kaum belohnt sichs der Mühe, noch die Meinung Romieu's[1] zu erwähnen, welcher die Phänomene für elektrische hält. Uebrigens mufs man bei den Versuchen sich hüten, dafs der Kampfer durch das Anfassen und Zerdrücken keine Fettigkeit annehme, weil die Erscheinung leicht durch Vorhandenseyn von etwas Oel, Schmutz oder Fett ausbleibt.

Als Ursache der Adhäsion im Allgemeinen sah Joh. Bernoulli den Druck der Luft an[2], allein Hawksbee zeigte, dafs die Erscheinungen auch im luftleeren Raume auf gleiche Weise statt fänden[3]. Gegenwärtig ist es herrschende Meinung, dafs die Erscheinungen der Adhäsion auf dem allgemeinen *Gesetze der Attraction beruhen*, indefs sind die Ansichten über die hierbei zu berücksichtigenden speciellen Modificationen dieser allgemeinen Kraft verschieden. Guyton-Morveau[4] hält die Adhäsion für den ersten Grad der chemischen Verwandtschaft, weil in seinen Versuchen die Stärke beider nahe gleich war. Hiergegen streiten Carradori[5] in Gemäfsheit seiner Versuche, indem Oel ohne alle chemische Verwandtschaft doch dem Wasser adhärire. Tollard[6] dagegen nimmt Guyton's Ansicht in Schutz, indem er sehr richtig bemerkt, dafs die Stärke der Anziehung zwischen Oel und Wasser allerdings, jedoch nur in einem geringen Grade statt finde. Vorzüglich aber sucht Link[7] aus seinen Versuchen zu beweisen, dafs die chemische Wahlan-

1 Mém. de l'Ac. 1756. 449: v. Crell N. chem. Ann. VIII. 91.
2 Dissert. de gravitate aetheris, 1682.
3 Phil. Tr. XXV. 2223.
4 Aufangsgr. d. Theor. u. pract. Chem. von Guyton Morveau u. s. w. I. 49.
5 Ann. de Chim. XXXV. 87. G. XII. 112.
6 Ebend.
7 G. XXIV. 125. XXVI. 146.

ziehung mit der Adhäsion in genauem Zusammenhange stehe, denn gerade die, dem Wasser am meisten verwandten Substanzen, Schwefelsäure und Alkohol verdrängen alle Oele von der Oberfläche desselben. Es läfst sich dieses mit den allgemeinen Gesetzen der Anziehung sehr wohl vereinigen, auch steht damit keineswegs im Widerspruche, wenn sich nach H. Davy[1] die Stärke der Anziehung der Metalle mit ihrem elektrischen Gegensatze in Uebereinstimmung bringen liefse, worüber es aber bis jetzt noch an genügenden Versuchen fehlt. Eine eigene Ansicht gewinnt die Lehre von der Flächenanziehung durch eine Reihe interessanter Versuche von Erman[2]. Indem dieser nämlich durch das Wasser, welches von einer Adhäsionsplatte in die Höhe gehoben wurde, den elektrischen Strom einer Volta'schen Säule leitete, und sonst in Berührung befindliche Flüssigkeiten, als Quecksilber mit Wasser, Schwefelsäure u. dgl. mit den heterogenen Polen der Säule verband, erhielt er eine durch Reibungs-Elektricität nicht bewirkte Modificirung der Adhäsion, welche er in der Hauptsache unter folgende Sätze zusammenfafst: Sobald im galvanischen Procefs chemische Verwandtschaften erregt werden, enstehen zugleich erhöhte Intensitäten der Flächenanziehung. Der vermuthete Zusammenhang zwischen Adhäsion und chemischer Verwandtschaft erhält hierdurch eine bedeutende Bestätigung. Schon früher hatten Gerboin[3] und Helwig[4] ähnliche Erscheinungen beobachtet, ohne durch weiteres Verfolgen derselben auf einen Zusammenhang zwischen Galvanismus und Flächenanziehung geleitet zu werden[5]. *M.*

Aeolusharfe.

Windharfe; *Aeolus's Harp*, *Aeolian Harp*; ein Instrument, welches von Kircher erfunden seyn soll[6]. In-

1 G. XXVIII. 193.
2 G. XXXII. 262. XL. 5.
3 Ann. de Chim. XLI. 196. G. XI. 340.
4 G. XXXII. 289.
5 Vergl. *Absorption*, *Theorie*.
6 Dieser Schriftsteller redet von einem solchen Instrumente in seiner Phonurgia. p. 148. Vergl. G. X. 57.

zwischen wurde dasselbe erst seit POPE allgemeiner bekannt [1]. Dieser soll nämlich im Eustathius gefunden haben, dafs Saiten, vom Winde bewegt, harmonisch tönen, wodurch ein schottischer Componist, OSWALD, veranlafst wurde, ein Instrument mit gespannten Saiten der Zugluft eines offenen Fensters auszusetzen, und dasselbe auch wirklich tönen hörte. Im Allgemeinen bedarf es blofs eines länglichten und schmalen mit einem dünnen Resonanzboden versehenen, hölzernen Kastens, auf welchen über zwei Stege an den schmalen Enden Darmsaiten (sogenannte a Saiten) gleichmässig und nicht zu stark gespannt, und dem Luftzuge eines offenen Fensters ausgesetzt werden, um verschiedene consonirende Töne zu erhalten. Am vortheilhaftesten werden sie verfertigt, indem man auf einen Rahmen von nicht ästigen tannenen Brettern, etwa vier F. lang, oben 6 — 7 Z. unten 4 — 5 Z. breit und 5 Z. hoch einen dünnen Resonanzboden leimt, über zwei nahe an den Enden aufgestellte 0,75 Z. hohe Stege 6 — 10 der genannten Saiten gleichstimmend spannt, und *dieses Instrument lothrecht in ein wenig geöffnetes Fenster so stellt, dafs die Zugluft schräg gegen die Saiten stöfst.* In den Oeffnungen zugiger Thürme oder Schlösser werden sie gleichfalls sehr vortheilhaft aufgestellt, und geben vorzüglich bei etwas stärkerem Luftzuge abwechselnd die allerschönsten harmonischen Töne durch eine, zwei oder sogar drei Octaven. Meistens werden alle Saiten gleich gestimmt, doch ist dieses nach verschiedenen Erfahrungen nicht durchaus nothwendig. W. JONES construirte eine verbesserte Aeolusharfe, indem er die Saiten und den auf die gewöhnliche Weise mit einem runden Ausschnitte versehenen Resonanzboden inwendig im Kasten anbrachte, auswendig aber noch einen Boden mit einem horizontalen Einschnitte befestigte, wodurch dieselbe tragbar gemacht wurde, und gegen den Wind bewegt oder gerichtet werden konnte.

Nach der Theorie des Klanges [2] ist es schwer zu erklären, durch welche Ursachen ganz gleich gestimmte Saiten,

---

1 W. Jones physiological disquisitions or discourses on the natural philosophy of the Elements. Lond. 1781. 4; Lichtenb. Taschenbuch zum Nutzen und Vergnügen. Gött. 1792. p. 137 — 145.

2 S. *Schall.*

bei denen alle die Höhe des Tones bedingenden Umstände gleich sind, durch die nämliche Ursache verschiedene Töne hervorbringen können. Vorzüglich hat M. Young[1] sich bemühet, hierüber Aufklärung zu erhalten. Er nahm deswegen von seiner Aeolsharfe alle Saiten bis auf eine weg, und beobachtete zu seiner nicht geringen Ueberraschung auch an dieser verschiedene Töne. Um dann die Gewifsheit zu erlangen, dafs die Saite wirklich verschiedene Schwingungsknoten habe, berechnete er, wohin diese bei einem wahrgenommenen Tone derselben fallen müfsten, berührte sie daselbst mit einem harten Körper, und der Ton hörte nicht auf, wohl aber, wenn die Berührung einen Schwingungsbogen traf. Zu mehrerem Beweise berührte er die ruhige Saite leise an einem berechneten aliquoten Theile, und brachte hierdurch künstlich veränderte Schwingungsknoten hervor, denen dann in vielen Fällen die beim neuen Windstofs erfolgenden Töne entsprachen.

Hieraus folgt, dafs der Luftstrom sowohl die ganze Saite, als auch aliquote Theile derselben schwingen macht, und man kann durch aufmerksame Beobachtung finden, dafs der Ton allmälig verändert wird, indem er leise anfängt, und verschiedene Höhen durchläuft, bis er die richtige Stimmung erhält. Diese wird höchst wahrscheinlich durch eine allein mögliche gleichmäfsige Abtheilung der Saite bewirkt, welche *dann* statt finden mufs, wenn kein Theil derselben völlig ruhen soll. Es entstehen demnach durch den leisen Luftdruck Abtheilungen in 2, 3, 4, u. s. w. Theile, und die diesen entsprechenden Töne, unter denen nur sehr selten disharmonische vorkommen, vielleicht weil sie nach den Gesetzen des Mittönens schwerer erzeugt, oder als zu leise nicht wahrgenommen werden. Manche sind vielleicht Combinationstöne, welche zugleich mit denen, aus deren Verbindung sie entstehen, wahrgenommen werden, eine Vermuthung, welche darin Unterstützung findet, dafs in der Regel erst ein Ton gehört wird, und dann die andern mit zunehmender Stärke nachfolgen.

---

1 An Inquiry into the principal Phenomena of sound and musical strings. Lond. 1784. 8. Nicholson J. III, 318. G. X. 57.

Wenn einige behaupten, dafs ungleich gestimmte Saiten von selbst eine gleiche Stimmung annähmen, so fehlt es für diese unwahrscheinliche Voraussetzung an genügenden Erfahrungen. Man kann übrigens die Aeolsharfe auch im Freien aufhängen, wo sie indefs weniger laut und harmonisch tönt, oder an einem Baume so befestigen, dafs der Wind sie schräg trifft[1]. Die von Langguth angegebene transversale Aeolusharfe unterscheidet sich im Wesentlichen hiervon nicht; sie ist in einem Kasten befindlich, an welchem zur Regulirung des Luftzuges Windklappen angebracht sind[2]. *M.*

Aequator.

Gleicher; Aequinoctialkreis; *Aequator; Circulus aequinoctialis;* Équateur; *Equinoctial; ἰσημερινός* bei Ptolemäus. Derjenige gröfste Kreis am Himmel, dessen geometrische Pole die Weltpole, die bei der Umdrehung der Himmelskugel ruhenden Pole, sind, heifst der Aequator. Jeder Punct im Aequator des Himmels ist 90 Grade von beiden Polen des Himmels, die man bei der Beobachtung als Mittelpuncte aller von den Sternen bei der täglichen Bewegung durchlaufenen Kreise kennen lernt, entfernt. Der Aequator theilt also die Himmelskugel in zwei genau gleiche Hälften, die nördliche und südliche Halbkugel (Hemisphearium boreale et australe.) Alle durch beide Weltpole gehende Kreise sind gegen ihn senkrecht, also der Mittagskreis, die Stundenkreise, die Adweichungskreise; alle übrigen gröfsten Kreise schneiden ihn in zwei einander gerade gegenüberstehenden, oder um 180 Grade von einander entfernten Puncten. Seine Durchschnittspuncte mit dem Horizonte, welche um 90 Grade vom Mittagskreise entfernt liegen, heifsen der Morgenpunct oder Ost und der Abendpunct oder West; den erstern hat der Beobachter links, den andern rechts, wenn er das Gesicht gegen Mittag kehrt. Da immer die genaue Hälfte des Aequators über dem Horizonte und die Hälfte unter dem Horizonte ist, so verweilen alle im Aequator stehende Gestirne eben so lange über als

1 Gilbert Ann. X. 60.
2 G. XV. 305.

unter dem Horizonte, und dieses ist nur so fern nicht ganz genau richtig, als vermöge der Strahlenbrechung das Verweilen über dem Horizonte um etwas verlängert wird. Deshalb sind Tag und Nacht gleich lang, wenn sich die Sonne im Aequator befindet, und dieses gilt für alle Orte auf der Erde. Von dieser Gleichheit hat er seinen Namen.

Die Puncte, wo der Aequator die scheinbare Sonnenbahn, die Ekliptik, schneidet, heifsen die Nachtgleichenpuncte, und zwar derjenige der Frühlingspunct, in welchem die Sonne am 21. März ankömmt, derjenige der Herbstpunct, zu welchem sie am 23. Sept. gelangt. Die tägliche Bewegung der Gestirne geschieht in Kreisen, welche Parallelkreise des Aequators sind; der Aequator selbst fällt also mit einem solchen Tagekreise zusammen.

Man theilt den Aequator in 360 Grade und fängt diese vom Frühlings-Nachtgleichenpuncte an von Abend über Süden nach Morgen zu zählen: diese Grade des Aequators sind es, welche die geraden Aufsteigungen der Gestirne angeben. Man zählt sie von Abend nach Morgen, weil dadurch die Folge der Zahlen, des ersten, zweiten Grades u. s. w. mit der Zeitfolge, wie sie zum Meridian gelangen, übereinstimmt; ein Stern, dessen gerade Aufsteigung mehr, als die eines andern beträgt, gelangt später zum Mittagskreise oder zu einem bestimmten Stundenkreise oder folgt dem Sterne, dessen gerade Aufsteigung weniger beträgt. Da die Sonne, der Mond und die Planeten nach eben der Richtung am Himmel fortrücken, nach welcher wir die Grade des Aequators zählen, so gelangen auch sie nach und nach zu gröfsern geraden Aufsteigungen, und nur als Ausnahme findet bei den Planeten zuweilen das Gegentheil, bei der anscheinend rückläufigen Bewegung, statt (obgleich dieses: rückläufig, eigentl. in Beziehung auf die Ekliptik zu verstehen ist.). Da wegen der genau gleichförmigen Umdrehung der Erde in gleichen Zeiten gleiche Bögen des Aequators durch den Meridian gehen, so gehen 15 Grade in einer Stunde, 15 Minuten in einer Zeit-Minute, 15 Secunden in 1 Zeit-Secunde durch denselben. Weifs man daher, welche Stunde, Minute, Secunde es in *Sternzeit* ist, das heist, wie viel Zeit seit dem Durchgange des Frühlingspunctes durch den Meri-

dian (in Sternzeit) verflossen ist, so findet man leicht, der wievielte Grad des Aequators jetzt im Meridian ist, oder wie grofs die gerade Aufsteigung der jetzt culminirenden Sterne ist. Man nennt dies: Sternzeit in Bogen des Aequators verwandeln, so wie man umgekehrt den Bogen des Aequators in Sternzeit verwandelt, wenn man aus Beobachtung des eben culminirenden Punctes des Aequators die Sternzeit bestimmt.

Um den Aequator des Himmels kennen zu lernen, braucht man nur einige in ihm stehende *Sterne* zu kennen; denn indem man diese in ihrer täglichen Bewegung verfolgt, oder sich ihre Stellung gegen irdische Gegenstände, zu irgend einer Zeit merkt, hat man Puncte, durch welche alle im Aequator stehende Sterne rücken müssen. Solche beinahe im Aequator stehende Sterne sind: der westlichste Stern im Gürtel des Orion, der Stern in der Brust des Antinous, die Sterne im Wassergefäfs des Wassermanns, (die jedoch etwas mehr südl. Abweichung als die vorigen haben.) Der Frühlings-Nachtgleichepunct hat keinen bedeutenden Stern in seiner Nähe; der Herbstpunct liegt beinahe 3 Grade westlich von dem mittleren hellen Sterne im unteren Flügel der Jungfrau. *B.*

Aequator der Erde.

Der Gleicher; die Linie; die Aequinoctiallinie; *Linea aequinoctialis*; Équateur de la terre; la Ligne; Ligne équinoxiale; *Equator*; *Line.* Der gröfste Kreis auf der Erdkugel, welcher von beiden Polen der Erde gleich entfernt liegt. Alle Puncte des Erd-Aequators liegen unter dem Aequator des Himmels, das heifst, es gehen die im Aequator des Himmels stehenden Sterne durch ihr Zenith. Des Erd-Aequators geometrische Pole sind die *Pole der Erde* oder die Endpuncte ihrer *Umdrehungs-Axe.* Diese Umdrehungs-Axe steht senkrecht auf der Ebne des Aequators. Die Mittagskreise auf der Erde sind senkrecht gegen den Aequator, weil sie durch seine Pole gehen. Der Aequator theilt die Erde in die nördliche und südliche Halbkugel (hemisphaerium boreale et australe); er geht durch die südlichen unbekannten Gegenden von

Afrika; so daſs Guinea nördlich von ihm bleibt, dann geht er durch die maldivischen Inseln, durch Sumatra, u. Borneo; geht nördlich an Neu-Guinea vorbei durch das Süd-Meer, schneidet Süd-Amerika in der Gegend von Quito und um den Ausfluſs des Amazonenflusses.

Die Bewohner des Aequators sehen beide Himmels-Pole im Horizont; alle Gestirne verweilen bei ihnen 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizonte; daher ist bei ihnen immerfort der Tag der Nacht gleich; wenn die Sonne in einer der Nachtgleichenpuncte steht, so geht sie ihnen durch das Zenith; alle Sterne steigen dort vom Horizonte gerade, oder rechtwinklich herauf. Vom Aequator an zählt man auf der Erde die nördliche oder südliche geographische *Breite*; auf dem Aequator zählt man von einem willkürlichen ersten Meridian an die geographische *Länge*, und zwar pflegt man diese von dem gewählten ersten Mittagskreise an nach Osten und nach Westen zu zählen, jedoch zählen einige Schriftsteller die Länge von Westen nach Osten bis zu 360 Graden fort, wo dann eine westliche Länge von 310 Graden mit einer östlichen Länge von 50 Graden einerlei ist. Die tägliche Umdrehung der Erde erfolgt nach der Richtung des Aequators, das ist, jeder Punct auf der Erde durchläuft in einem Tage einen mit dem Aequator parallelen Kreis.

Der Name *Aequator, Gleicher,* ist von der unaufhörlich dort gleichen Länge des Tages und der Nacht hergenommen. Die Linie heiſst er bei den Schiffern, weil er als die wichtigste Linie auf der Erde in manchen Beziehungen anzusehen ist. Daher die Ausdrücke, die Linie passiren u. s. w.

B.

Aequator, magnetischer.

So nennt man in der Lehre vom Magnetismus der Erde diejenige in sich selbst zurücklaufende Linie in der Nähe des geographischen Aequators, in welcher die *Magnetische Neigungsnadel horizontal* liegt. Sie ist die Linie des Gleichgewichts zwischen den magnetischen Kräften beider Erdhälften, und geht im atlantischen Meere bis 12 Grade südlich vom Erdäquator, und eben so viel nördlich im Indischen Ocean

zwischen Ceylon und der Ostküste von Afrika; sie durchschneidet mithin den Erdäquator in 20° östlicher und in ungefähr 140° westl. Länge von Greenwich. Die andern Linien gleicher Neigung sind dieser Indifferenzlinie so ziemlich parallel[1]. *H.*

Aequatoreal.

Circulus aequatorealis; Équatorial; Equatorial, universal. Ein Instrument, welches zugleich eines Gestirnes Abweichung und den Unterschied zwischen seiner und des Zeniths gerader Aufsteigung angiebt. Es besteht Fig. 35. zu diesem Zwecke aus zwei ganzen Kreisen, deren einer mit dem Aequator des Himmels parallel gestellt wird, der andre in jeder seiner Stellungen senkrecht gegen die Ebne des ersten ist, und also mit einem Abweichungskreise zusammenfällt. In der Figur ist AB die Axe, um welche das ganze Instrument gedreht wird, während diese Axe selbst ihre Lage unabänderlich behält. Mit dieser Axe fest verbunden ist der Aequatorealkreis, DC, dessen Ebne senkrecht gegen sie seyn muſs, und dessen Mittelpunct genau centrirt mit der geometrischen Mitte der Axe zusammenfällt. Der zweite Kreis EF ist ebenfalls mit der Axe fest verbunden, seine Ebene ist mit ihr parallel und steht zugleich so, daſs sie parallel mit der Nulllinie des ersten Kreises ist. Um den Mittelpunct des zweiten Kreises dreht sich, mit der Ebne dieses Kreises parallel, ein Fernrohr, dessen Stellung durch gehörig angebrachte Indices auf dem getheilten Rande des zweiten Kreises angegeben wird.

Bei der Aufstellung des Instruments muſs die Axe vollkommen genau der Welt-Axe parallel gestellt werden oder genau gegen den Pol des Himmels gerichtet seyn; alsdann befindet sich der erste Kreis in der Ebne des Aequators, und zwei einander diametral gegenüber stehende Indices G, H, die zugleich mit Nonien für die Theilung des ersten Kreises versehen sind, bezeichnen die beiden im Meridian stehenden Puncte dieses Kreises. Richtet man also das Fernrohr, durch Drehung des ganzen Instruments um die Axe und Fortschiebung des Fernrohrs, auf einen Stern, und befestiget es

1 Siehe die magnetische Neigungskarte; Art. *Neigung*.

in dieser Stellung, so geben die erwähnten Indices auf dem Rande des ersten Kreises an, um wieviel Grade Min. Sec. in Rectascension der Stern vom Meridian absteht; dagegen giebt der mit dem Fernrohre verbundene, auf dem Rande des zweiten Kreises sich fortschiebende Index die Declination an, indem die Theilung dieses Kreises ihr Null in einer mit dem ersten Kreise parallelen Linie hat.

Dieses Instrument gewährt, wenn es sehr genau aufgestellt ist, den Vortheil, auch aufser dem Meridian dieselben Bestimmungen zu geben, welche der Mittagskreis nur für den Augenblick des Durchgangs durch den Meridian gestattet. Insbesondre ist nach von Zach[1] das Instrument seit der Entdeckung der neuen Planeten unentbehrlich geworden, die man so oft dann zu beobachten wünscht, wenn sie im Meridian nicht beobachtet werden können. Eben das gilt auch von Kometen, die doch nur selten im Meridian können gesehen werden. Zur Berichtigung der Stellung und zur Prüfung, ob entweder das Instrument irgendwo fehlerhaft, oder die Aufstellung nicht ganz genau sey, dienen ähnliche Beobachtungen, wie beim Mittagskreise, daher ich auf die dort umständlicher zu erwähnenden Mittel zur Berichtigung verweise.

Die Utzchneider- und Frauenhofersche Officin verfertigt das Aequatoreal mit einer 45 Zoll langen Axe, und Kreisen von 24 Zoll Durchmesser. Der mit dem Aequator parallele Kreis giebt vermittelst zweier Nonien einzelne Zeitsecunden, der Abweichungskreis giebt die Declinationen auf 2 Sec. an. Das achromatische Fernrohr hat 30 Zoll Brennweite und 28 Linien Oeffnung, es ist mit einem Kreismikrometer und einem Fadenmikrometer versehen, letzteres zum Repetiren. Ein solches Instrument, nach welchem die Abbildung verfertigt ist, kostete vor einigen Jahren 2000 Gulden; aber seitdem sind die Preise erhöhet. — von Zach[2] macht die Bemerkung, dafs die allerdings schöne Eintheilung des mit dem Aequator *parallelen* Kreises das Instrument ohne Noth vertheure, indem hier eine Theilung von Minute zu Minute ausreichen würde, weil die strenge Bestimmung der Rectascension doch

---

1 Corresp. astron. I. 451.

2 Corresp. astron. I. 453.

auf andre Weise zu geschehen pflege, und dieser Kreis fast nur um das Gestirn zu finden, einer Theilung bedürfe. An eben dem Orte theilt von Zach auch die Geschichte dieses Instruments mit, das erst seit 1730 in Gebrauch gekommen ist. Beschreibungen davon haben Lalande[1], Short[2] und Nairne[3] gegeben. *B.*

Aequatorshöhe.

Elevatio aequatoris; Hauteur méridienne de l'équateur; *Elevation of the Equator;* ist die Höhe, in welcher der Aequator den Mittagskreis schneidet. Die Aequatorshöhe ergänzt die Polhöhe zu 90 Graden, oder ist gleich dem Abstande des Poles vom Zenith, weil der Bogen des Mittagskreises, welcher zwischen Pol und Aequator liegt, eben so gut, als der, welcher zwischen Zenith und Horizont liegt, 90 Grade beträgt. Die Aequatorshöhe ist auch gleich dem Winkel, welchen der Aequator mit dem Horizonte macht, oder ist das Maſs dieses Winkels, weil die vom Einschnittspuncte des Aequators in den Horizont bis an den Meridian sich erstreckenden Bögen des Aequators und Horizontes 90 Grade betragen, und der Meridian senkrecht gegen beide Ebnen des Horizontes und des Aequators ist. *B.*

Aequinoctialkreis s. Aequator.

Aequinoctialpuncte s. Nachtgleichepuncte.

Aequinoctium s. Nachtgleiche.

Aërometrie.

Aërometria; Aérometrie; *Aerometry*[4]. Man versteht hierunter im Allgemeinen alles, was zum Ausmessen oder Bestimmen der Luft, ihres Wesens oder ihrer Bestandtheile, ihrer Zusammensetzung und ihrer Veränderungen

---

1 Astronomie par de La Lande. Vol. II. p. 626. 3me Edit.

2 Philos. Transact. for 1749. XLVI. p. 241.

3 Philos. Transact. for 1771. LXI. p. 107.

4 Man gebraucht zuweilen die Ausdrücke: *Aërographie* und *Aërologie,* deren Bedeutung indeſs leicht erklärlich, ihre Einführung als gebräuchliche Kunstausdrücke aber nicht wünschenswerth ist.

gehört, also die Gesetze ihrer Mischung, ihres Gleichgewichts und ihrer Bewegung. So lange die atmosphärische Luft, und alles was in ihrer wesentlichen Eigenschaft, der Expansibilität, ihr ähnlich ist, für ein Element oder wenigstens einen einfachen Körper galt, kannte man bloſs Aërometrie. Seitdem man aber eingesehen hat, daſs es auſser den Dämpfen noch eine Menge Substanzen giebt, welchen diese wesentliche Eigenschaft der Expansibilität gleichfalls zukommt, unterscheidet man Aërometrie und Gasometrie. Obgleich übrigens die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung eben so gut für jede Gasart als für die sogenannte atmosphärische Luft nachgewiesen werden könnten, so ist doch die letztere eigenthümliche Mischung zweier Gasarten ihrer allgemeinen Verbreitung wegen am meisten dazu geeignet, und gleichsam im Besitze des Vorzugs, bei diesen Demonstrationen ausschlieſslich berücksichtigt zu werden. Die Gasometrie abstrahirt daher von der Demonstration dieser Gesetze, und begnügt sich mit der Untersuchung dessen, was rücksichtlich der chemischen Beschaffenheit, der Mischungsverhältnisse, der Ausdehnung, des specifischen Gewichtes, überhaupt der qualitativen Verhältnisse der verschiedenen expansibelen Flüssigkeiten wissenswürdig ist. Indem somit bei der Demonstration der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung expansibeler Flüssigkeiten die atmosphärische Luft allein berücksichtigt wird, diese aber als schwerer und flüssiger Körper den allgemeinen Gesetzen der Statik und Mechanik unterworfen seyn muſs; so unterscheidet man als einzelne, unter die Aërometrie im Allgemeinen gehörige Theile die *Aërostatik* und *Pneumatik*, eben wie Hydrostatik und Hydraulik; und insofern die Luft, wie das Wasser, sowohl durch Druck als auch durch Bewegung eine mechanische Gewalt ausübt, und nicht anders als durch eine Kraftanwendung selbst bewegt werden kann, so ist dem Ausdrucke Hydrodynamik der ähnliche der *Aërodynamik* nachgebildet. Obgleich es indeſs zweckmäſsig seyn könnte, in einem vollständigen Werke über die Mechanik auch die Aërodynamik abzuhandeln, so darf man sich doch in einem physikalischen Wörterbuche dreist auf die Aërostatik und Pneumatik beschränken, um dasjenige abzu-

handeln, was zur Aërometrie gehört. Hierunter, und unter den Artikeln: Atmosphäre der Erde und *Luft* findet man daher dasjenige, was zur Aërometrie gehört[1].

M.

Aëronautik.

Luftschiffahrtskunde, begreift alle diejenigen Untersuchungen, welche sich auf die Regierung aërostatischer Maschinen beziehen. Aus aërostatischen Grundsätzen[2] nämlich folgt, dafs die beiden Arten der aërostatischen Maschinen, sowohl die Montgolfieren, als auch die Charlieren unter den gehörigen Bedingungen mit einer gewissen Hebungskraft, welche der Differenz ihres Gewichtes und des Gewichtes der durch sie verdrängten Luft direct proportional ist, aufsteigen müssen, bis diese Differenz = 0 wird, und sie in der Luft statisch schwimmen. Sobald die Möglichkeit der Aufgabe, beträchtliche Lasten in die Höhe zu heben, durch beide genannte Arten von Aërostaten erwiesen war, suchte man die gepriesene Erfindung weiter zu benutzen, und strebte nach Mitteln, die neu erfundenen Maschinen nach Willkühr zu regieren. Wie bei den Schiffen nur eine Art der Bewegung in Betrachtung kommt, nämlich die horizontale, erfordern die Aërostaten zwei, nämlich die verticale und die horizontale, welche zur deutlichen Uebersicht einzeln untersucht werden müssen.

Für die verticale Richtung hat man verschiedene Mittel angegeben, die Erfahrung hat aber in Uebereinstimmung mit der Theorie gezeigt, dafs nur eines, dieses aber mit völliger Sicherheit angewandt werden kann. Bei den Charlieren bedienten sich anfangs die Aëronauten des Mittels, Ballast mitzunehmen, und stiegen höher, indem sie Ballast auswarfen, oder sanken herab, indem sie Wasserstoffgas aus dem Ballon entweichen liefsen. Weil aber beides, wenn es einmal entfernt ist, nicht wieder ersetzt werden kann, so that man andere, sehr unzulässige Vorschläge, z. B. Luft in Gefäfsen zu comprimiren, welches aber ein viel zu gerin-

1 Vergl. allgemeine aërometrische Grundsätze von Tralles bei G. XXVII. 400.

2 S. *Aërostatik*, *Aërostat*.

ges Gewicht giebt, oder in dem grofsen Ballon einen kleineren anzubringen, und diesen durch eingeblasene Luft auszudehnen, welches aber gar keinen Nutzen hat, und blofs dazu dienen kann, das Platzen des Ballons ohne Verlust von Wasserstoffgas zu verhüten. Man hat auch vorgeschlagen, ein blechenes Rohr in der Axe des Ballons anzubringen, und durch Erhitzung desselben das Wasserstoffgas im Ballon auszudehnen. Allein die Feuerung in einem solchen Rohre dürfte gefährlich seyn, und die Anbringung desselben ist aufserdem mit grofsen Schwierigkeiten verbunden. Tetü-Brissy[1] that daher den Vorschlag, den Ballon durch die lothrechte Bewegung eines umgekehrten Fallschirms, welcher sich beim Herablassen zusammenfaltet, beim Aufziehen aber ausspannt, herabzuziehen, allein dieses Mittel ist zu unwirksam wegen der baldigen unausbleiblichen Ermüdung der Aëronauten. Eben dieses läfst sich gegen die Anwendung lothrecht geschwungener Flügel einwenden, welche vorzüglich der Graf Zambeccari anzuwenden versuchte. Sie bestanden bei seiner ersten Luftfahrt aus einem 6,5 F. langen, nach Aufsen breiter werdenden und mit 15 Quad. F. Seidenzeug überspannten Rahmen, lagen mit dem cylindrischen Style in einem eisernen Ringe mit horizontal liegender Axe, welche sich in Pfannen drehte, so dafs sie in jede Lage gebracht werden konnten, und somit beim Herablassen mit der schmalen Seite die Luft durchschnitten, beim Heraufziehen aber mit der breiten Fläche gegen dieselbe bewegt wurden[2]. Hieraus ergiebt sich also, dafs es für die Charlieren, als solche, kein zweckmäfsiges Mittel für die verticale Bewegung giebt. Weit leichter ist dieses für Montgolfieren aufzufinden, indem es ganz einfach in dem *Principe ihres Steigens überhaupt* liegt. Wenn nämlich die Aëronauten das Feuer in der Glutpfanne, oder die Zahl der brennenden Weingeistlampen vermehren, steigen sie auf, wenn sie ersteres aber vermindern, oder die letzteren durch eigends hierzu verfertigte Deckel auslöschen, *so sinken sie* herab. Schon Pilatre de Rozier hatte eine solche Fer-

---

1 Journ. de Paris. an VIII. Therm. 1.
2 G. XVII. 343.

tigkeit in der Anwendung [illegible]
feinsten Abwechselungen [illegible]
seiner Gewalt hatte. [illegible]
der aërostatischen Maschinen [illegible]
an eine Charliere eine [illegible]
der größte Theil der [illegible]
bestimmte er die [illegible]
Man nannte sie *Carlo - [illegible]* [illegible]
diente sich der [illegible]
letzten Luftfahrt, [illegible]
des Misgeschicks [illegible]
in der zufälligen [illegible]
Vermittelst dieser [illegible]
Bewegung [illegible]
zweiten [illegible]
1804 das [illegible]
in wenigen [illegible]
nach etwa [illegible]
indefs hierbei [illegible]
wendung [illegible]
das Schwanken [illegible]
ches so heftig [illegible]
aus derselben [illegible]
Fall der [illegible]
die Montgolfiere [illegible]
völlig [illegible]
den, so müfste [illegible]
irgend eine [illegible]
Die zugleich [illegible]
del bei [illegible]
hende [illegible]
übrigens ohne Zweifel [illegible]
stoles gegen [illegible]
gegen die [illegible]

Diese [illegible]
die bis jetzt [illegible]

---

1 [illegible]
2 [illegible]

Auffindung eines Mittels, die horizontale Bewegung der Aërostaten zu bestimmen. Zwar wurde kurz nach ihrer Erfindung erzählt, dafs VALLET und ALBAN, Directoren der chemischen Officin zu Javelle bei Paris den 25. Aug. 1785 eine Luftreise von Javelle nach St. Cloud gemacht, sich an dem bestimmten Orte niedergelassen hätten, und am Abend durch willkührliche Lenkung des Ballons in entgegengesetzter Richtung wieder zurückgekehrt wären [1], allein alle späteren Versuche beweisen das Gegentheil dieser Behauptung. Man hat gleich anfangs die Mittel der horizontalen Lenkung aus der Schiffahrt entlehnen wollen; wenn man aber berücksichtigt, dafs hierbei drei Kräfte gegeben sind, nämlich die Adhäsion des Schiffes am Wasser, der Widerstand des Wassers und der Stofs des Windes, wovon hauptsächlich die beiden letzten vielfache Combinationen darbieten, dafs aber bei der Aëronautik nur eine Kraft, nämlich der Stofs des Windes gegeben ist; so begreift man bald, dafs hierdurch die Richtung des Ballons allein bestimmt wird, mithin keine Steuerruder und Segel anwendbar sind, weil diese gleichfalls die Bewegung des Windes annehmen, und der Aëronaut daher beim heftigsten, aber gleichmäfsigen Sturme sich scheinbar in völliger Windstille befindet, und dafs durchaus noch eine zweite Kraft zur Erlangung der Bewegung in der Diagonale erforderlich ist. Dennoch wurden *Steuerruder* und *Segel* in Vorschlag gebracht, als die Akademie zu Lyon 1784 einen Preis für die Lösung des Problems der horizontalen Lenkung der Aërostaten festgesetzt hatte. Nicht minder unnütz und noch unausführbarer ist die Anwendung der Schaufelräder nach PALMER [2] und DANZEL [3]. Besser war der Vorschlag der *Ruder*, welche auf verschiedene Weise construirt gegen die Luft geschwungen wurden. Mit ganz einfachen wollen die Gebrüder ROBERT den 19. Sept. 1784 eine Abweichung von 22° von der Richtung des Windes hervorgebracht haben. Noch gröfser soll die Wirkung gewesen seyn, welche VALLET und ALBAN den 29. August

1 Journ. de Paris. Aug. 1785.

2 Récherches sur l'art de voler. par M. David, Bourgois. p. 87.

3 Journal d. neuesten Weltbegebenheiten Altona 1797. Ht. 8.

1785 erreicht haben wollen, doch sind ihre Angaben sehr unbestimmt und problematisch. BLANCHARD gebrauchte zuweilen Ruder, allein es ist bekannt, dafs seine Angaben eben so unzuverlässig sind, als es ihm an den nöthigen physikalischen Kenntnissen zur wissenschaftlichen Behandlung der Aëronautik gänzlich mangelte. LUNARDI construirte seine Flügel mit Klappen, welche sich beim Schwingen ausbreiteten, beim Zurückziehen zusammenfalteten. ZAMBECCARI richtete seine eben erwähnten Ruder so ein, dafs sie sich beim Zurückbewegen von selbst auf die scharfe Seite wandten, und wollte sie sowohl für die verticale als auch für die horizontale Richtung der Ballons benutzen. Eine leichte Rechnung zeigt inzwischen, dafs die Ruder zwar wohl einigen Effect haben können, dafs dieser aber selbst bei mäfsigem Winde unbedeutend, bei heftigem fast ganz verschwindend ist. Angenommen nämlich, der Aëronaut machte in jeder Secunde einen Schlag mit dem Ruder, und wäre vermögend, der ganzen Masse hierdurch die Bewegung von einem Fufs zu geben, welches bei dem grofsen Gewichte eines Luftballons nebst Zubehör weit mehr ist, als wirklich geleistet werden kann; so würde bei einem mäfsigen Winde von 12 F. in einer Secunde die Abweichung doch nur 4° 46′ 50″; bei 30 F. Geschwindigkeit des Windes aber nur 1° 54′, 5″ und bei 60 F. nur 57′ 18″ betragen.

Eine genaue Berechnung des Effects der Ruder giebt HUTTON [1]. Durch Versuche hat derselbe gefunden, dafs eine Kugel von 6⅝ Z. Durchmesser, welche sich mit 20 F. Geschwindigkeit in der Luft bewegt, einen Widerstand von 1 Unze avoir du poids Gewicht leidet; dafs ferner der Widerstand der Flächen im einfachen und der Geschwindigkeiten im quadratischen Verhältnisse direct proportional ist. Nimmt man also einen Ballon von 35 F. Durchmesser mit 20 F. Geschwindigkeit; so würde er 271 Pfd. erfordern, um bewegt, oder in der gegebenen Bewegung aufgehalten zu werden. In höheren Regionen nimmt zwar diese Kraft ab, in gleichem Verhältnifs aber auch die Kraft der zu seiner Ablenkung bestimmten Ruder, und die Geschwindigkeit

1 Dict. I. 46.

unter dem Horizonte, und dieses ist nur so fern nicht ganz genau richtig, als vermöge der Strahlenbrechung das Verweilen über dem Horizonte um etwas verlängert wird. Deshalb sind Tag und Nacht gleich lang, wenn sich die Sonne im Aequator befindet, und dieses gilt für alle Orte auf der Erde. Von dieser Gleichheit hat er seinen Namen.

Die Puncte, wo der Aequator die scheinbare Sonnenbahn, die Ekliptik, schneidet, heifsen die Nachtgleichenpuncte, und zwar derjenige der Frühlingspunct, in welchem die Sonne am 21. März ankömmt, derjenige der Herbstpunct, zu welchem sie am 23. Sept. gelangt. Die tägliche Bewegung der Gestirne geschieht in Kreisen, welche Parallelkreise des Aequators sind; der Aequator selbst fällt also mit einem solchen Tagekreise zusammen.

Man theilt den Aequator in 360 Grade und fängt diese vom Frühlings-Nachtgleichenpuncte an von Abend über Süden nach Morgen zu zählen: diese Grade des Aequators sind es, welche die geraden Aufsteigungen der Gestirne angeben. Man zählt sie von Abend nach Morgen, weil dadurch die Folge der Zahlen, des ersten, zweiten Grades u. s. w. mit der Zeitfolge, wie sie zum Meridian gelangen, übereinstimmt; ein Stern, dessen gerade Aufsteigung mehr, als die eines andern beträgt, gelangt später zum Mittagskreise oder zu einem bestimmten Stundenkreise oder folgt dem Sterne, dessen gerade Aufsteigung weniger beträgt. Da die Sonne, der Mond und die Planeten nach eben der Richtung am Himmel fortrücken, nach welcher wir die Grade des Aequators zählen, so gelangen auch sie nach und nach zu gröfsern geraden Aufsteigungen, und nur als Ausnahme findet bei den Planeten zuweilen das Gegentheil, bei der anscheinend rückläufigen Bewegung, statt (obgleich dieses: rückläufig, eigentl. in Beziehung auf die Ekliptik zu verstehen ist.). Da wegen der genau gleichförmigen Umdrehung der Erde in gleichen Zeiten gleiche Bögen des Aequators durch den Meridian gehen, so gehen 15 Grade in einer Stunde, 15 Minuten in einer Zeit-Minute, 15 Secunden in 1 Zeit-Secunde durch denselben. Weifs man daher, welche Stunde, Minute, Secunde es in *Sternzeit* ist, das heist, wie viel Zeit seit dem Durchgange des Frühlingspunctes durch den Meri-

dian (in Sternzeit) verflossen ist, so findet man leicht, der wievielte Grad des Aequators jetzt im Meridian ist, oder wie groſs die gerade Aufsteigung der jetzt culminirenden Sterne ist. Man nennt dies: Sternzeit in Bogen des Aequators verwandeln, so wie man umgekehrt den Bogen des Aequators in Sternzeit verwandelt, wenn man aus Beobachtung des eben culminirenden Punctes des Aequators die Sternzeit bestimmt.

Um den Aequator des Himmels kennen zu lernen, braucht man nur einige in ihm stehende Sterne zu kennen; denn indem man diese in ihrer täglichen Bewegung verfolgt, oder sich ihre Stellung gegen irdische Gegenstände, zu irgend einer Zeit merkt, hat man Puncte, durch welche alle im Aequator stehende Sterne rücken müssen. Solche beinahe im Aequator stehende Sterne sind: der westlichste Stern im Gürtel des Orion, der Stern in der Brust des Antinous, die Sterne im Wassergefäſs des Wassermanns, (die jedoch etwas mehr südl. Abweichung als die vorigen haben.) Der Frühlings-Nachtgleichepunct hat keinen bedeutenden Stern in seiner Nähe; der Herbstpunct liegt beinahe 3 Grade westlich von dem mittleren hellen Sterne im unteren Flügel der Jungfrau. *B.*

Aequator der Erde.

Der Gleicher; die Linie; die Aequinoctiallinie; *Linea aequinoctialis;* Équateur de la terre; la Ligne; Ligne équinoxiale; *Equator*; *Line.* Der gröſste Kreis auf der Erdkugel, welcher von beiden Polen der Erde gleich entfernt liegt. Alle Puncte des Erd-Aequators liegen unter dem Aequator des Himmels, das heiſst, es gehen die im Aequator des Himmels stehenden Sterne durch ihr Zenith. Des Erd-Aequators geometrische Pole sind die *Pole der Erde* oder die Endpuncte ihrer *Umdrehungs-Axe.* Diese Umdrehungs-Axe steht senkrecht auf der Ebne des Aequators. Die Mittagskreise auf der Erde sind senkrecht gegen den Aequator, weil sie durch seine Pole gehen. Der Aequator theilt die Erde in die nördliche und südliche Halbkugel (hemisphaerium boreale et australe); er geht durch die südlichen unbekannten Gegenden von

Afrika, so dafs Guinea nördlich von ihm bleibt, dann geht er durch die maldivischen Inseln, durch Sumatra, u. Borneo, geht nördlich an Neu-Guinea vorbei durch das Süd-Meer, schneidet Süd-Amerika in der Gegend von Quito und um den Ausflufs des Amazonenflusses.

Die Bewohner des Aequators sehen beide Himmels-Pole im Horizont; alle Gestirne verweilen bei ihnen 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizonte; daher ist bei ihnen immerfort der Tag der Nacht gleich; wenn die Sonne in einer der Nachtgleichenpuncte steht, so geht sie ihnen durch das Zenith; alle Sterne steigen dort vom Horizonte gerade, oder rechtwinklich herauf. Vom Aequator an zählt man auf der Erde die nördliche oder südliche geographische *Breite*; auf dem Aequator zählt man von einem willkürlichen ersten Meridian an die geographische *Länge*, und zwar pflegt man diese von dem gewählten ersten Mittagskreise an nach Osten und nach Westen zu zählen, jedoch zählen einige Schriftsteller die Länge von Westen nach Osten bis zu 360 Graden fort, wo dann eine westliche Länge von 310 Graden mit einer östlichen Länge von 50 Graden einerlei ist. Die tägliche Umdrehung der Erde erfolgt nach der Richtung des Aequators, das ist, jeder Punct auf der Erde durchläuft in einem Tage einen mit dem Aequator parallelen Kreis.

Der Name *Aequator, Gleicher*, ist von der unaufhörlich dort gleichen Länge des Tages und der Nacht hergenommen. Die Linie heifst er bei den Schiffern, weil er als die wichtigste Linie auf der Erde in manchen Beziehungen anzusehen ist. Daher die Ausdrücke, die Linie passiren u. s. w.

B.

Aequator, magnetischer.

So nennt man in der Lehre vom Magnetismus der Erde diejenige in sich selbst zurücklaufende Linie in der Nähe des geographischen Aequators, in welcher die *Magnetische Neigungsnadel horizontal* liegt. Sie ist die Linie des Gleichgewichts zwischen den magnetischen Kräften beider Erdhälften, und geht im atlantischen Meere bis 12 Grade südlich vom Erdäquator, und eben so viel nördlich im Indischen Ocean

zwischen Ceylon und der Ostküste von Afrika; sie durchschneidet mithin den Erdäquator in 20° östlicher und in ungefähr 140° westl. Länge von Greenwich. Die andern Linien gleicher Neigung sind dieser Indifferenzlinie so ziemlich parallel[1]. *H.*

Aequatoreal.

Circulus aequatorealis; Équatorial; *Equatorial, universal.* Ein Instrument, welches zugleich eines Gestirnes Abweichung und den Unterschied zwischen seiner und des Zeniths gerader Aufsteigung angiebt. Es besteht zu diesem Zwecke aus zwei ganzen Kreisen, deren einer mit dem Aequator des Himmels parallel gestellt wird, der andre in jeder seiner Stellungen senkrecht gegen die Ebne des ersten ist, und also mit einem Abweichungskreise zusammenfällt. In der Figur ist A B die Axe, um welche das ganze Instrument gedreht wird, während diese Axe selbst ihre Lage unabänderlich behält. Mit dieser Axe fest verbunden ist der Aequatorealkreis, D C, dessen Ebne senkrecht gegen sie seyn muſs, und dessen Mittelpunct genau centrirt mit der geometrischen Mitte der Axe zusammenfällt. Der zweite Kreis E F ist ebenfalls mit der Axe fest verbunden, seine Ebene ist mit ihr parallel und steht zugleich so, daſs sie parallel mit der Nulllinie des ersten Kreises ist. Um den Mittelpunct des zweiten Kreises dreht sich, mit der Ebne dieses Kreises parallel, ein Fernrohr, dessen Stellung durch gehörig angebrachte Indices auf dem getheilten Rande des zweiten Kreises angegeben wird. Fig. 35.

Bei der Aufstellung des Instruments muſs die Axe vollkommen genau der Welt-Axe parallel gestellt werden oder genau gegen den Pol des Himmels gerichtet seyn; alsdann befindet sich der erste Kreis in der Ebne des Aequators, und zwei einander diametral gegenüber stehende Indices G, H, die zugleich mit Nonien für die Theilung des ersten Kreises versehen sind, bezeichnen die beiden im Meridian stehenden Puncte dieses Kreises. Richtet man also das Fernrohr, durch Drehung des ganzen Instruments um die Axe und Fortschiebung des Fernrohrs, auf einen Stern, und befestiget es

1 Siehe die magnetische Neigungskarte; Art. *Neigung.*

in dieser Stellung, so geben die erwähnten Indices auf dem Rande des ersten Kreises an, um wieviel Grade Min. Sec. in Rectascension der Stern vom Meridian absteht; dagegen giebt der mit dem Fernrohre verbundene, auf dem Rande des zweiten Kreises sich fortschiebende Index die Declination an, indem die Theilung dieses Kreises ihr Null in einer mit dem ersten Kreise parallelen Linie hat.

Dieses Instrument gewährt, wenn es sehr genau aufgestellt ist, den Vortheil, auch außer dem Meridian dieselben Bestimmungen zu geben, welche der Mittagskreis nur für den Augenblick des Durchgangs durch den Meridian gestattet. Insbesondre ist nach von Zach[1] das Instrument seit der Entdeckung der neuen Planeten unentbehrlich geworden, die man so oft dann zu beobachten wünscht, wenn sie im Meridian nicht beobachtet werden können. Eben das gilt auch von Kometen, die doch nur selten im Meridian können gesehen werden. Zur Berichtigung der Stellung und zur Prüfung, ob entweder das Instrument irgendwo fehlerhaft, oder die Aufstellung nicht ganz genau sey, dienen ähnliche Beobachtungen, wie beim Mittagskreise, daher ich auf die dort umständlicher zu erwähnenden Mittel zur Berichtigung verweise.

Die Utzchneider- und Frauenhofersche Officin verfertigt das Aequatoreal mit einer 45 Zoll langen Axe, und Kreisen von 24 Zoll Durchmesser. Der mit dem Aequator parallele Kreis giebt vermittelst zweier Nonien einzelne Zeitsecunden, der Abweichungskreis giebt die Declinationen auf 2 Sec. an. Das achromatische Fernrohr hat 30 Zoll Brennweite und 28 Linien Oeffnung, es ist mit einem Kreismikrometer und einem Fadenmikrometer versehen, letzteres zum Repetiren. Ein solches Instrument, nach welchem die Abbildung verfertigt ist, kostete vor einigen Jahren 2000 Gulden; aber seitdem sind die Preise erhöhet. — von Zach[2] macht die Bemerkung, daſs die allerdings schöne Eintheilung des mit dem Aequator *parallelen* Kreises das Instrument ohne Noth vertheure, indem hier eine Theilung von Minute zu Minute ausreichen würde, weil die strenge Bestimmung der Rectascension doch

---

1 Corresp. astron. I. 451.

2 Corresp. astron. I. 459.

auf andre Weise zu geschehen pflege, und dieser Kreis fast nur um das Gestirn zu finden, einer Theilung bedürfe. An eben dem Orte theilt von Zach auch die Geschichte dieses Instruments mit, das erst seit 1730 in Gebrauch gekommen ist. Beschreibungen davon haben Lalande[1], Short[2] und Nairne[3] gegeben. *B.*

Aequatorshöhe.

Elevatio aequatoris; Hauteur méridienne de l'équateur; *Elevation of the Equator;* ist die Höhe, in welcher der Aequator den Mittagskreis schneidet. Die Aequatorshöhe ergänzt die Polhöhe zu 90 Graden, oder ist gleich dem Abstande des Poles vom Zenith, weil der Bogen des Mittagskreises, welcher zwischen Pol und Aequator liegt, eben so gut, als der, welcher zwischen Zenith und Horizont liegt, 90 Grade beträgt. Die Aequatorshöhe ist auch gleich dem Winkel, welchen der Aequator mit dem Horizonte macht, oder ist das Maſs dieses Winkels, weil die vom Einschnittspuncte des Aequators in den Horizont bis an den Meridian sich erstreckenden Bögen des Aequators und Horizontes 90 Grade betragen, und der Meridian senkrecht gegen beide Ebnen des Horizontes und des Aequators ist.

B.

Aequinoctialkreis s. Aequator.

Aequinoctialpuncte s. Nachtgleichepuncte.

Aequinoctium s. Nachtgleiche.

Aërometrie.

Aërometria; Aérometrie; *Aerometry*[4]. Man versteht hierunter im Allgemeinen alles, was zum Ausmessen oder Bestimmen der Luft, ihres Wesens oder ihrer Bestandtheile, ihrer Zusammensetzung und ihrer Veränderungen

---

1 Astronomie par de La Lande. Vol. II. p. 626. 3me Edit.

2 Philos. Transact. for 1749. XLVI. p. 241.

3 Philos. Transact. for 1771. LXI. p. 107.

4 Man gebraucht zuweilen die Ausdrücke: *Aërographie* und *Aërologie*, deren Bedeutung indeſs leicht erklärlich, ihre Einführung als gebräuchliche Kunstausdrücke aber nicht wünschenswerth ist.

gehört, also die Gesetze ihrer Mischung, ihres Gleichgewichts und ihrer Bewegung. So lange die atmosphärische Luft, und alles was in ihrer wesentlichen *Eigenschaft*, der Expansibilität, ihr ähnlich ist, für ein Element oder wenigstens einen einfachen Körper galt, kannte man bloſs Aërometrie. Seitdem man aber eingesehen hat, daſs es auſser den Dämpfen noch eine Menge Substanzen giebt, welchen diese wesentliche Eigenschaft der Expansibilität gleichfalls zukommt, unterscheidet man Aërometrie und Gasometrie. Obgleich übrigens die Gesetze des *Gleichgewichts* und der Bewegung eben so gut für jede Gasart als für die sogenannte atmosphärische Luft nachgewiesen werden könnten, so ist doch die letztere eigenthümliche Mischung zweier Gasarten ihrer allgemeinen Verbreitung wegen am meisten dazu geeignet, und gleichsam im *Besitze* des Vorzugs, bei diesen Demonstrationen ausschlieſslich berücksichtigt zu werden. Die Gasometrie abstrahirt daher von der Demonstration dieser Gesetze, und begnügt sich mit der Untersuchung dessen, was rücksichtlich der chemischen Beschaffenheit, der Mischungsverhältnisse, der Ausdehnung, des *specifischen* Gewichtes, überhaupt der qualitativen Verhältnisse der verschiedenen *expansibelen Flüssigkeiten wissenswürdig ist*. Indem somit bei der Demonstration der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung expansibeler Flüssigkeiten die atmosphärische Luft allein berücksichtigt wird, diese aber als schwerer und flüssiger Körper den *allgemeinen* Gesetzen der Statik und Mechanik unterworfen seyn muſs; so unterscheidet man als einzelne, unter die Aërometrie im Allgemeinen gehörige Theile die *Aërostatik* und *Pneumatik*, eben wie Hydrostatik und Hydraulik; und insofern die Luft, wie das Wasser, sowohl durch Druck als auch durch Bewegung eine mechanische Gewalt ausübt, und nicht anders als durch eine Kraftanwendung selbst bewegt werden kann, so ist dem Ausdrucke Hydrodynamik der ähnliche der *Aërodynamik* nachgebildet. Obgleich es indeſs zweckmäſsig seyn könnte, in einem vollständigen Werke über die Mechanik auch die Aërodynamik abzuhandeln, so darf man sich doch in einem physikalischen Wörterbuche dreist auf die Aërostatik und Pneumatik beschränken, um dasjenige abzu-

handeln, was zur Aërometrie gehört. Hierunter, und unter den Artikeln: Atmosphäre der Erde und *Luft* findet man daher dasjenige, was zur Aërometrie gehört[1].

M.

Aëronautik.

Luftschiffahrtskunde, begreift alle diejenigen Untersuchungen, welche sich auf die Regierung aërostatischer Maschinen beziehen. Aus aërostatischen Grundsätzen[2] nämlich folgt, dafs die beiden Arten der aërostatischen Maschinen, sowohl die Montgolfieren, als auch die Charlieren unter den gehörigen Bedingungen mit einer gewissen Hebungskraft, welche der Differenz ihres Gewichtes und des Gewichtes der durch sie verdrängten Luft direct proportional ist, aufsteigen müssen, bis diese Differenz = 0 wird, und sie in der Luft statisch schwimmen. Sobald die Möglichkeit der Aufgabe, beträchtliche Lasten in die Höhe zu heben, durch beide genannte Arten von Aërostaten erwiesen war, suchte man die gepriesene Erfindung weiter zu benutzen, und strebte nach Mitteln, die neu erfundenen Maschinen nach Willkühr zu regieren. Wie bei den Schiffen nur eine Art der Bewegung in Betrachtung kommt, nämlich die horizontale, erfordern die Aërostaten zwei, nämlich die verticale und die horizontale, welche zur deutlichen Uebersicht einzeln untersucht werden müssen.

Für die verticale Richtung hat man verschiedene Mittel angegeben, die Erfahrung hat aber in Uebereinstimmung mit der Theorie gezeigt, dafs nur eines, dieses aber mit völliger Sicherheit angewandt werden kann. Bei den Charlieren bedienten sich anfangs die Aëronauten des Mittels, Ballast mitzunehmen, und stiegen höher, indem sie Ballast auswarfen, oder sanken herab, indem sie Wasserstoffgas aus dem Ballon entweichen liefsen. Weil aber beides, wenn es einmal entfernt ist, nicht wieder ersetzt werden kann, so that man andere, sehr unzulässige Vorschläge, z. B. Luft in Gefäfsen zu comprimiren, welches aber ein viel zu gerin-

1 Vergl. allgemeine aërometrische Grundsätze von Tralles bei G. XXVII. 400.

2 S. *Aërostatik*, *Aërostat.*

ges Gewicht giebt, oder in dem grofsen Ballon einen kleineren anzubringen, und diesen durch eingeblasene Luft auszudehnen, welches aber gar keinen Nutzen hat, und blofs dazu dienen kann, das Platzen des Ballons ohne Verlust von Wasserstoffgas zu verhüten. Man hat auch vorgeschlagen, ein blechenes Rohr in der Axe des Ballons anzubringen, und durch Erhitzung desselben das Wasserstoffgas im Ballon auszudehnen. Allein die Feuerung in einem solchen Rohre dürfte gefährlich seyn, und die Anbringung desselben ist aufserdem mit grofsen Schwierigkeiten verbunden. Tetü-Brissy[1] that daher den Vorschlag, den Ballon durch die lothrechte Bewegung eines umgekehrten Fallschirms, welcher sich beim Herablassen zusammenfaltet, beim Aufziehen aber ausspannt, herabzuziehen, allein dieses Mittel ist zu unwirksam wegen der baldigen unausbleiblichen Ermüdung der Aëronauten. Eben dieses läfst sich gegen die Anwendung lothrecht geschwungener Flügel einwenden, welche vorzüglich der Graf Zambeccari anzuwenden versuchte. Sie bestanden bei seiner ersten Luftfahrt aus einem 6,5 F. langen, nach Aufsen breiter werdenden und mit 15 Quad. F. Seidenzeug überspannten Rahmen, lagen mit dem cylindrischen Style in einem eisernen Ringe mit horizontal liegender Axe, welche sich in Pfannen drehte, so dafs sie in jede Lage gebracht werden konnten, und somit beim Herablassen mit der schmalen Seite die Luft durchschnitten, beim Heraufziehen aber mit der breiten Fläche gegen dieselbe bewegt wurden[2]. Hieraus ergiebt sich also, dafs es für die Charlieren, als solche, kein zweckmäfsiges Mittel für die verticale Bewegung giebt. Weit leichter ist dieses für Montgolfieren aufzufinden, indem es ganz einfach in dem Principe ihres Steigens überhaupt liegt. Wenn nämlich die Aëronauten das Feuer in der Glutpfanne, oder die Zahl der brennenden Weingeistlampen vermehren, steigen sie auf, wenn sie ersteres aber vermindern, oder die letzteren durch eigends hierzu verfertigte Deckel auslöschen, so sinken sie herab. Schon Pilatre de Rozier hatte eine solche Fer-

1 Journ. de Paris. an VIII. Therm. 1.
2 G. XVII. 343.

tigkeit in der Anwendung dieses Mittels erlangt, dafs er die feinsten Abwechselungen des Steigens und Fallens ganz in seiner Gewalt hatte. Eben dieser verband auch beide Arten der aërostatischen Maschinen so mit einander, dafs er unten an eine Charliere eine Montgolfiere befestigte, und indem der gröfste Theil der Last durch die erstere getragen wurde, bestimmte er die lothrechte Bewegung durch die letztere. Man nannte sie *Carolo - Montgolfieren.* Einer solchen bediente sich der unglückliche Erfinder derselben bei seiner letzten Luftfahrt, ohne dafs jedoch, wie es scheint, die Ursache des Misgeschicks in dieser Verbindung, sondern vielmehr in der zufälligen Entzündung des Ballons zu suchen ist. Vermittelst dieser Maschinen kann der Aëronaut die lothrechte Bewegung ganz nach Willkühr bestimmen, indem bei der zweiten Luftreise des Grafen ZAMBECCARI am 22. August 1804 das Anzünden eines einzigen Flämmchens den Ballon in wenigen Secunden steigen, das Auslöschen desselben aber nach etwa einer Minute sinken machte[1]. Ein Umstand ist indefs hierbei wohl zu berücksichtigen, welcher die Anwendung dieses Mittels mindestens sehr erschwert: nämlich das Schwanken der Gondel bei plötzlichen Windstöfsen, welches so heftig seyn soll, dafs die Aëronauten Gefahr laufen, aus derselben geschleudert zu werden, und dafs auf allen Fall der Weingeist leicht überläuft und sich, und somit auch die Montgolfiere entzündet[2]. Soll daher dieses, übrigens völlig zureichende, Mittel mit Sicherheit angewandt werden, so müfste man die hieraus entspringende Gefahr durch irgend eine zweckmäfsige Vorrichtung zu vermeiden suchen. Die ungleich geschwinde Bewegung des Ballons und der Gondel bei plötzlichen Windstöfsen, und die hieraus hervorgehende schiefe Richtung der lothrechten Axe beider entsteht übrigens ohne Zweifel daher, weil der Einflufs des Luftstofses gegen den specifisch leichteren Ballon anders ist als gegen die schwerere Gondel.

Diese Schwierigkeit ist indefs sehr unbedeutend gegen die bis jetzt wenigstens noch anscheinende Unmöglichkeit der

1 G.XVII. 168.
2 ib. 163.

ges Gewicht giebt, oder in dem grofsen Ballon einen kleineren anzubringen, und diesen durch eingeblasene Luft auszudehnen, welches aber gar keinen Nutzen hat, und blofs dazu dienen kann, das Platzen des Ballons ohne Verlust von Wasserstoffgas zu verhüten. Man hat auch vorgeschlagen, ein blechenes Rohr in der Axe des Ballons anzubringen, und durch Erhitzung desselben das Wasserstoffgas im Ballon auszudehnen. Allein die Feuerung in einem solchen Rohre dürfte gefährlich seyn, und die Anbringung desselben ist aufserdem mit grofsen Schwierigkeiten verbunden. Tetü-Brissy[1] that daher den Vorschlag, den Ballon durch die lothrechte Bewegung eines umgekehrten Fallschirms, welcher sich beim Herablassen zusammenfaltet, beim Aufziehen aber ausspannt, herabzuziehen, allein dieses Mittel ist zu unwirksam wegen der baldigen unausbleiblichen Ermüdung der Aëronauten. Eben dieses läfst sich gegen die Anwendung lothrecht geschwungener Flügel einwenden, welche vorzüglich der Graf Zambeccari anzuwenden versuchte. Sie bestanden bei seiner ersten Luftfahrt aus einem 6,5 F. langen, nach Aufsen breiter werdenden und mit 15 Quad. F. Seidenzeug überspannten Rahmen, lagen mit dem cylindrischen Style in einem eisernen Ringe mit horizontal liegender Axe, welche sich in Pfannen drehte, so dafs sie in jede Lage gebracht werden konnten, und somit beim Herablassen mit der schmalen Seite die Luft durchschnitten, beim Heraufziehen aber mit der breiten Fläche gegen dieselbe bewegt wurden[2]. Hieraus ergiebt sich also, dafs es für die Charlieren, als solche, kein zweckmäfsiges Mittel für die verticale Bewegung giebt. Weit leichter ist dieses für Montgolfieren aufzufinden, indem es ganz einfach in dem Principe ihres Steigens überhaupt liegt. Wenn nämlich die Aëronauten das Feuer in der Glutpfanne, oder die Zahl der brennenden Weingeistlampen vermehren, steigen sie auf, wenn sie ersteres aber vermindern, oder die letzteren durch eigends hierzu verfertigte Deckel auslöschen, so sinken sie herab. Schon Pilatre de Rozier hatte eine solche Fer-

1 Journ. de Paris. an VIII. Therm. 1.
2 G. XVII. 343.

tigkeit in der Anwendung dieses Mittels erlangt, dafs er die feinsten Abwechselungen des Steigens und Fallens ganz in seiner Gewalt hatte. Eben dieser verband auch beide Arten der aërostatischen Maschinen so mit einander, dafs er unten an eine Charliere eine Montgolfiere befestigte, und indem der gröfste Theil der Last durch die erstere getragen wurde, bestimmte er die lothrechte Bewegung durch die letztere. Man nannte sie *Carolo - Montgolfieren*. Einer solchen bediente sich der unglückliche Erfinder derselben bei seiner letzten Luftfahrt, ohne dafs jedoch, wie es scheint, die Ursache des Mifsgeschicks in dieser Verbindung, sondern vielmehr in der zufälligen Entzündung des Ballons zu suchen ist. Vermittelst dieser Maschinen kann der Aëronaut die lothrechte Bewegung ganz nach Willkühr bestimmen, indem bei der zweiten Luftreise des Grafen Zambeccari am 22. August 1804 das Anzünden eines einzigen Flämmchens den Ballon in wenigen Secunden steigen, das Auslöschen desselben aber nach etwa einer Minute sinken machte[1]. Ein Umstand ist indefs hierbei wohl zu berücksichtigen, welcher die Anwendung dieses Mittels mindestens sehr erschwert: nämlich das Schwanken der Gondel bei plötzlichen Windstöfsen, welches so heftig seyn soll, dafs die Aëronauten Gefahr laufen, aus derselben geschleudert zu werden, und dafs auf allen Fall der Weingeist leicht überläuft und sich, und somit auch die Montgolfiere entzündet[2]. Soll daher dieses, übrigens völlig zureichende, Mittel mit Sicherheit angewandt werden, so müfste man die hieraus entspringende Gefahr durch irgend eine zweckmäfsige Vorrichtung zu vermeiden suchen. Die ungleich geschwinde Bewegung des Ballons und der Gondel bei plötzlichen Windstöfsen, und die hieraus hervorgehende schiefe Richtung der lothrechten Axe beider entsteht übrigens ohne Zweifel daher, weil der Einflufs des Luftstofses gegen den specifisch leichteren Ballon anders ist als gegen die schwerere Gondel.

Diese Schwierigkeit ist indefs sehr unbedeutend gegen die bis jetzt wenigstens noch anscheinende Unmöglichkeit der

---

1 G. XVII. 168.

2 ib. 163.

Auffindung eines Mittels, die horizontale Bewegung der Aërostaten zu bestimmen. Zwar wurde kurz nach ihrer Erfindung erzählt, dafs VALLET und ALBAN, Directoren der chemischen Officin zu Javelle bei Paris den 25. Aug. 1785 eine Luftreise von Javelle nach St. Cloud gemacht, sich an dem bestimmten Orte niedergelassen hätten, und am Abend durch willkührliche Lenkung des Ballons in entgegengesetzter Richtung wieder zurückgekehrt wären[1], allein alle späteren Versuche beweisen das Gegentheil dieser Behauptung. Man hat gleich anfangs die Mittel der horizontalen Lenkung aus der Schiffahrt entlehnen wollen; wenn man aber berücksichtigt, dafs hierbei drei Kräfte gegeben sind, nämlich die Adhäsion des Schiffes am Wasser, der Widerstand des Wassers und der Stofs des Windes, wovon hauptsächlich die beiden letzten vielfache Combinationen darbieten, dafs aber bei der Aëronautik nur eine Kraft, nämlich der Stofs des Windes gegeben ist; so begreift man bald, dafs hierdurch die Richtung des Ballons allein bestimmt wird, mithin keine Steuerruder und Segel anwendbar sind, weil diese gleichfalls die Bewegung des Windes annehmen, und der Aëronaut daher beim heftigsten, aber gleichmäfsigen Sturme sich scheinbar in völliger Windstille befindet, und dafs durchaus noch eine zweite Kraft zur Erlangung der Bewegung in der Diagonale erforderlich ist. Dennoch wurden *Steuerruder* und *Segel* in Vorschlag gebracht, als die Akademie zu Lyon 1784 einen Preis für die Lösung des Problems der horizontalen Lenkung der Aërostaten festgesetzt hatte. Nicht minder unnütz und noch unausführbarer ist die Anwendung der Schaufelräder nach PALMER[2] und DANZEL[3]. Besser war der Vorschlag der *Ruder*, welche auf verschiedene Weise construirt gegen die Luft geschwungen wurden. Mit ganz einfachen wollen die Gebrüder ROBERT den 19. Sept. 1784 eine Abweichung von 22° von der Richtung des Windes hervorgebracht haben. Noch gröfser soll die Wirkung gewesen seyn, welche VALLET und ALBAN den 29. August

1 Journ. de Paris. Aug. 1785.

2 Récherches sur l'art de voler. par M. David, Bourgois. p. 87.

3 Journal d. neuesten Weltbegebenheiten Altona 1797. Ht. 8.

1785 erreicht haben wollen, doch sind ihre Angaben sehr unbestimmt und problematisch. Blanchard gebrauchte zuweilen Ruder, allein es ist bekannt, dafs seine Angaben eben so unzuverlässig sind, als es ihm an den nöthigen physikalischen Kenntnissen zur wissenschaftlichen Behandlung der Aëronautik gänzlich mangelte. Lunardi construirte seine Flügel mit Klappen, welche sich beim Schwingen ausbreiteten, beim Zurückziehen zusammenfalteten. Zambeccari richtete seine eben erwähnten Ruder so ein, dafs sie sich beim Zurückbewegen von selbst auf die scharfe Seite wandten, und wollte sie sowohl für die verticale als auch für die horizontale Richtung der Ballons benutzen. Eine leichte Rechnung zeigt inzwischen, dafs die Ruder zwar wohl einigen Effect haben können, dafs dieser aber selbst bei mäfsigem Winde unbedeutend, bei heftigem fast ganz verschwindend ist. Angenommen nämlich, der Aëronaut machte in jeder Secunde einen Schlag mit dem Ruder, und wäre vermögend, der ganzen Masse hierdurch die Bewegung von einem Fufs zu geben, welches bei dem grofsen Gewichte eines Luftballons nebst Zubehör weit mehr ist, als wirklich geleistet werden kann; so würde bei einem mäfsigen Winde von 12 F. in einer Secunde die Abweichung doch nur 4° 46′ 50″; bei 30 F. Geschwindigkeit des Windes aber nur 1° 54′, 5″ und bei 60 F. nur 57′ 18″ betragen.

Eine genaue Berechnung des Effects der Ruder giebt Hutton[1]. Durch Versuche hat derselbe gefunden, dafs eine Kugel von $6\frac{3}{8}$ Z. Durchmesser, welche sich mit 20 F. Geschwindigkeit in der Luft bewegt, einen Widerstand von 1 Unze avoir du poids Gewicht leidet; dafs ferner der Widerstand der Flächen im einfachen und der Geschwindigkeiten im quadratischen Verhältnisse direct proportional ist. Nimmt man also einen Ballon von 35 F. Durchmesser mit 20 F. Geschwindigkeit; so würde er 271 Pfd. erfordern, um bewegt, oder in der gegebenen Bewegung aufgehalten zu werden. In höheren Regionen nimmt zwar diese Kraft ab, in gleichem Verhältnifs aber auch die Kraft der zu seiner Ablenkung bestimmten Ruder, und die Geschwindigkeit

1 Dict. I. 46.

derselben bleibt die nämliche. Schwänge also ein Aëronaut in einem solchen Ballon ein Ruder von 100 Quadratfuſs Fläche, so müſste er dieses mit der ungeheuern Geschwindigkeit von 62 F. in 1'' bewegen, um ihn zum Stillstehen zu bringen, oder mit seiner eigenthümlichen Geschwindigkeit in einer Richtung von 45° mit der ursprünglichen des Windes zu bewegen, woraus die Unthunlichkeit des Vorschlags evident hervorleuchtet. Hierzu kommt indeſs noch ferner, daſs jeder Ballon so leicht um seine Axe rotirt, und daſs deswegen die Richtung der ihm zu gebenden Ablenkung nicht constant seyn kann. Hieran scheitern ferner sowohl der ohnehin ungenügende Vorschlag Montgolfier's, durch eine kleine Oeffnung an einer Seite des Ballons das Gleichgewicht zu stören[1], als auch die Vorschläge anderer, durch die Reaction von Aeolipilen oder Racketen auf dem Rande der Galerie eine Abweichung von der Richtung des Windes hervorzubringen[2], u. dgl. m. An eine Bewegung *gegen* die Richtung des Windes, wenn dieser nur etwas stark ist, kann nach der mitgetheilten Berechnung Hutton's überall nicht gedacht werden. Der Vorschlag endlich, durch einen groſsen Magnet die horizontale Richtung des Ballons zu bewirken[3], verdient keine eigentliche Widerlegung. Alle diese Vorschläge sind in der Voraussetzung gemacht, daſs ein runder Ballon mit anhängender Gondel zu regieren sey. Andere gründeten die Lösung des Problems auf die individuelle Bauart der Luftschiffe. Schon 1784 wurde auf Veranlassung der Academie zu Dijon eine Maschine gebauet, welche den Ballon in der Mitte, vorn eine Art Schiffschnabel, hinten ein Steuerruder und zu beiden Seiten gemeine Ruder hatte. Zwei Aëronauten, Morveau und Virly stiegen damit auf und wollen einigemale den Wind durchschnitten haben, allein der Erfolg muſs zu unbedeutend gewesen seyn, als daſs man eine Wiederholung nützlich gefunden hätte[4]. Kramp schlug anfangs eine schiefe Fläche als das-

1 Faujas de St. Fond. II. 109.

2 Voigts Mag. IX. 287. Zachariae: die Elemente der Luftschwimmkunst. p. 7, wo noch mehrere Vorschläge geprüft werden.

3 Nov. Act. Pet. XIII. Hist. p. 35.

4 Description de l'aërostate. à Dijon et à Paris chez Causse. 1784.

jenige Mittel vor, welches beim Durchschneiden der Luft die Erreichung einer beliebigen Richtung gewähren würde[1]. Später bringt er die verlängerte Form des Aërostaten, Steuerruder, Segel und Ruder für diesen Zweck in Vorschlag[2]. Der Verfasser eines Aufsatzes im Gothaschen Magazin[3] schlägt gleichfalls die länglichte Figur vor, welche durch ein Gerüst im Innern des Aërostaten hervorgebracht werden müfste, ein Steuerruder aus einem kleineren Ballon bestehend, ein spitzes Vordertheil mit weichen Substanzen, als Baumwolle und Federn, um die Gewalt des Windes zu besänftigen, hauptsächlich aber grofse Ventilatoren am Hintertheile des Aërostaten, deren Bewegung durch den entgegenwehenden Wind den Ballon vorwärts treiben soll. Der Graf Milly[4], später der Baron v. Scott[5] und zuletzt Zachariae[6] glauben, die horizontale Lenkung der Luftschiffe könne dadurch erreicht werden, dafs man ihnen die Gestalt eines Fisches gäbe. Letzterer insbesondere will das Ganze aus drei verbundenen Ballons zusammensetzen, diesem Steuerruder, Segel und Ruder geben, und fügt zugleich eine Berechnung über die Dimensionen und das Gewicht des Gerüstes, der Hüllen, der Armatur und der Belastung hinzu, nach welcher die drei Ballons der sehr zusammengesetzten Maschine, einer 48 und zwei 36 F. Durchmesser haben sollen, ohne dafs auf die Verminderung des Raumes durch die Gerüste, das Gewicht der erforderlichen Netze überhaupt, und den nicht aufgeblasenen Theil der Ballons gehörige Rücksicht genommen ist.

Der Vorschlag eines grofsen Ellipsoids mit metallener Oberfläche und einer Montgolfiere im Innern von Conti verlangt eine so sehr zusammengesetzte und in mehrfacher

---

1 Lichtenberg Mag. III. 1. 172.

2 Geschichte d. Aërostatik II. 351.

3 Lichtenberg Mag. III. 1. 73. Quelques Vues sur les machines aérostatiques. Nach Lichtenberg in Erxlebens Naturlehre 1794 S. 232 der Coadjutor v. Dahlberg.

4 Faujas de St. Fond. II. 315.

5 Aérostat dirigeable à volonté, par le Baron de Scott, Capitaine de dragons. Par. 1789.

6 Die Elemente der Luftschwimmkunst. Von A. W. Zachariae, Lehrer an d. Schule Kloster Rofsleben. Wittenb. 1807. S. 205 ff.

Hinsicht so unausführbare Maschine, daſs eine genauere Erörterung desselben überflüssig seyn würde. In der Hauptsache soll nämlich der ellipsoidische Ballon eine dreimal so groſse verticale Axe haben, als horizontale, und indem dann der ersteren durch ungleiche Gegengewichte eine gegen die Falllinie geneigte Richtung gegeben, der Ballon aber vermittelst der Montgolfiere auf diese Weise abwechselnd schnell zum Steigen und Sinken gebracht wird, so soll die hierbei hervorgebrachte Richtung der groſsen Axe in Verbindung mit andern Vorrichtungen schiefer Flächen in Form von Fallschirmen die Bahn des Ballons bedingen. Die Unausführbarkeit dieser Idee begreift man leicht, indeſs ist dieselbe durch einen weitläuftigen, sehr gelehrten Calcül von F. Mossotti[1] erläutert.

Alle diese Vorschläge setzen aber irrig eine schon gegebene Bewegung der Luftschiffe gegen den Wind, oder die Luft und einen hierdurch erzeugten Widerstand voraus. Berücksichtigt man aber das oben Gesagte, nämlich daſs jeder Aërostat mit allen seinen Theilen bald nach seinem Aufsteigen die ganze Geschwindigkeit der Luftbewegung annimmt, und sich somit gleichsam in einem ruhigen Medio befindet, so ergiebt sich bald, daſs die Form von gar keinem Einflusse ist, es wird eben so wenig eine willkührliche Richtung dadurch hervorgebracht werden können, als es möglich ist, daſs ein Schiff ohne Segel und Ruder bloſs durch sein schief gestelltes Steuerruder sich aus einem Meerstrome herausarbeiten kann. Bloſs die rotatorische Bewegung würde zwar nicht ganz wegfallen, aber doch sehr vermindert werden, und wäre es dann möglich, durch Ruder oder vielmehr geschwungene Flügel der Maschine eine andere Bewegung als die des Luftstromes zu geben, welches aber durch die Gröſse der zu bewegenden Last nach obiger Berechnung kaum denkbar ist, so würde allerdings die Richtung derselben durch Steuerruder, schiefe Flächen u. dgl. bedingt werden. Hauptsächlich aber wäre noch die Lage des Schwerpunctes unter dem Widerstandspuncte der ganzen Maschine sehr zu berücksichtigen, um Schwankungen derselben, und

---

1 Brugnat. Giorn. Dec. II. IV. 415.

sogar das Umschlagen, wie beim Fallschirme, zu vermeiden [1].

Beiweiten am zweckmäſsigsten ist der Vorschlag, welchen schon MONTGOLFIER äuſserte [2], weit ernstlicher aber der Graf ZAMBECCARI auszuführen versuchte, nämlich durch willkührliche Bestimmung der lothrechten Bewegung der Aërostaten von den in ungleichen Höhen verschiedenen Luftströmungen diejenige, oder diejenigen zu benutzen, deren Richtung der Absicht der Aëronauten entspricht. Da die Luftströmungen in der Regel selbst in mäſsigen Höhen ganz entgegengesetzte Richtungen haben, so lieſse sich dieses Mittel ohne Zweifel mit dem besten Erfolge anwenden, wenn nur die Aërostaten selbst durch die Unveränderlichkeit ihrer Steigkraft eine länger dauernde Benutzung gestatteten, denn in diesem Falle würde sich wegen der auſserordentlichen Geschwindigkeit ihrer Bewegung vielleicht groſser Nutzen durch Reisen in unzugängliche Länder von ihnen ziehen lassen [3].

Die Werkzeuge, welche die Aëronauten bei ihrem Aufflügen mitnahmen, gehören, auſser einem Barometer und Thermometer zur Bestimmung der erreichten Höhe, nicht eigentlich zur Aëronautik, sondern sind im Allgemeinen physikalische Instrumente für die verschiedenen Beobachtungen. Zwei eigenthümlich zur Aëronautik gehörige Vorrichtungen, deren sich der Graf ZAMBECCARI bei seiner ersten Luftfahrt bediente, verdienen indeſs wenigstens des historischen Interesses wegen erwähnt zu werden. Das erste, *Anemometer* genannt, bestand aus einer Art Waage mit einem horizontal liegenden Windflügel. Indem die Luft beim Aufsteigen des Ballons gegen diesen den Quadraten der Geschwindigkeit proportional wirkte, und ihn niederdrückte,

1 S. *Fallschirm*.

2 Faujas de St. Fond. II. 125. Lichtenb. Mag. III. 1. 172.

3 Melzl's neueste Vorschläge in Dinglers Journ. XIV. 63, die Luftballons durch Segel an einem herabhängenden langen Seile zu regiren, sind aus vielen Gründen, und schon deswegen unanwendbar, weil ein biegsames Seil auf die Länge von mehreren hundert Lachtern um seine Axe durch die geringste Kraft drehbar ist, mithin überhaupt keine Segel gestattet.

mufste das Gleichgewicht am andern Arme durch ein verschiebbares Gewicht hergestellt werden. Aus der Entfernung des Gewichtes vom Mittelpuncte wollte er dann die in gegebenen Zeiten lothrecht durchlaufenen Räume nach vorher entworfenen Tabellen bis auf 3 F. in 1'' berechnen. Da aber Barometer und Uhr diese Gröfsen viel genauer und sicherer angeben, so ist diese Vorrichtung überflüssig. Das zweite nannte er *quadrante a polso.* Dieser *Quadrant* sollte in der Ebene der Richtung des Ballons so gehalten werden, dafs das Bleiloth desselben auf 0 stand, während der Aëronaut durch das auf 45° gerichtete Diopterlineal auf einen Gegenstand der Erde visirte. Die Höhe des Barometers gab dann die verticale Höhe, und vermittelst dieser der Quadrant die horizontale Entfernung des Punctes, über welchem der Ballon sich befand, von dem gesehenen Gegenstande, die Zeit aber, bis der letztere lothrecht unter dem Aërostaten war, die horizontale Geschwindigkeit [1]. Eine beim Aufsteigen der aërostatischen Maschinen oft vorkommende, der Berücksichtigung sehr werthe Erscheinung ist das Rotiren derselben um ihre Axe, welches vom ungleichen Widerstande der Luft kommt. Garnerin bemerkte dieses bei seinem Aufsteigen am 10. Juli 1798 [2], der Akademiker Sacharow und vorzüglich auch Biot und Gay-Lüssac [3]. Dafs hierauf bei der Anwendung der Aërostaten zu irgend einem Zwecke Rücksicht genommen werden müsse, ergiebt sich von selbst. Ein wesentlicher, gleichfalls nicht zu übersehender Umstand für die praktische Anwendung liegt endlich in der ungeheuern Gewalt, womit der Ballon im Verhältnifs seiner Gröfse vom Winde getrieben wird. Nach Huttons oben mitgetheilter Berechnung erfordert ein Ballon von 35 engl. F. Durchmesser bei einem Winde von 20 F. Geschwindigkeit 271 Pfd. Kraft, um festgehalten zu werden. Hierbei ist aber auf den Luftdruck gegen die Gondel und die Aëronauten keine Rücksicht genommen. Rechnen wir statt dessen in genähertem Werthe 300 Pfd., und

1 G. XVII. 341.
2 G. XVI. 18. Voigts Mag. I. 121.
3 ib. XX. 1 ff.

die Kraft, welche ein Pferd zu überwinden vermag, zu 200 Pfd.; so würde ein solcher Ballon bei der angegebenen Geschwindigkeit des Windes 1,5 Pferde, bei 40 F. Geschwindigkeit 6 Pferde, bei einem Sturmwinde von 60 F. Geschwindigkeit aber 13,5 Pferde, und bei doppelt so grofsem Durchmesser das Vierfache der angegebenen Zahl erfordern, um gegen den Wind festgehalten zu werden.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Aërostaten zuweilen fortgetrieben werden, ist aufserordentlich grofs, läfst sich aber aus der Kürze der Zeit, in welcher selbst mäfsige Winde grofse Räume durchlaufen, sehr gut erklären. Der Ballon, in welchem Garnerin und der Capitän Sowdon 1802 von London nach Colchester fuhren, legte 17,5 deutsche Meilen in einer Stunde zurück [1]. Robertson's Ballon in Hamburg, der nämliche, welcher bei Fleurus gedient hatte, durchlief fast 10 deutsche M. in derselben Zeit [2]. Ein in Gröningen den 16. Jun. 1804 aufsteigender kleiner Ballon fiel nach höchstens 12 Stunden bei Halle nieder, und durchlief fast 5 Meilen in 1 Stunde [3], und ein am 16. Dec. des nämlichen Jahres zu Paris aufsteigender grofser Aërostat fiel am 17. unweit Rom nieder, legte daher in 22 Stunden 294 lieues über die Alpen und Apenninen zurück, also mit einer mittleren Geschwindigkeit von mehr als 10 geogr. Meil. in 1 Stunde [4]. *M.*

---

1 G. I. 32.
2 ib. XVI. 261.
3 G. XVIII. 434.
4 G. XIX. 492.

Dieser ganze Artikel war schon ausgearbeitet und zum Abdruck versandt, als ich den Vorschlag J. J. Prechtl's in: Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes in Wien. 1824 V. 99 zu Gesichte bekam, wonach ein kupferner Ballon mit Wasserstoffgas gefüllt, einen andern aus einem biegsamen Stoffe verfertigten inneren, mit atmosphärischer Luft gefüllten, von etwa der Hälfte des Inhalts des ersteren einschliefsen soll. Indem dieser mit atmosphärischer Luft durch Compression mehr gefüllt, oder durch Exantlirung ausgeleert wird, mufs das absolute Gewicht des eigentlichen Ballons vermehrt oder vermindert werden, und daher im gleichen umgekehrten Verhältnisse auch seine Steigkraft. Alles übrige, welches der genannte Aufsatz enthält, stimmt mit dem in den Artikeln: Aërostat und Aëronautik gesagten völlig überein, und ist auf

Aërostat.

Aërostatische Maschine; Luftballon; Montgolfiere; Charliere; *machina aërostatica;* **Aërostat; machine ou ballon aërostatique; Montgolfière; Charlière;** ***aerostatic machine; air-balloon;*** nennt

---

anerkannt richtige *Principien* gegründet. Bei einem für die Wissenschaft künftig vielleicht höchst wichtigen Gegenstande kann es indeſs nicht für überflüssig gelten, *auch diesen neuesten* Vorschlag genau zu prüfen. Der Ausführung desselben stehen nämlich zwei Hindernisse entgegen. 1. Durch *Aufblasen oder Ausleeren* des inneren Ballons würde der äuſsere oder innere Druck gegen den groſsen Ballon für die Differenz von 1 Z. des Barometerstandes um nahe $\frac{2240}{28} = 80$ Pfd. gegen einen par. Quadratfuſs vermehrt werden, eine Gröſse, welche eine Verbiegung des Bleches, hierdurch aber allmäliges Zerbrechen oder gar ein augenblickliches Zerreiſsen zur Folge haben müſste. Wäre dieses nicht zu fürchten, so dürfte man nur den Ballon ein für allemal füllen, bis er zur Hälfte der berechneten Höhe gestiegen wäre, *Wasserstoffgas entweichen* lassen, und dann fest verschlieſsen. Er würde dann die erforderliche Höhe erreichen, und es lieſse sich die lothrechte Bewegung durch eine Höhe von etwa 1170 p. F., welche einem Unterschiede von 1 Z. des Barometerstandes zugehört, und daher eine Differenz des Druckes von $\frac{80}{2} = 40$ Pfd. gegen einen Quadratfuſs hervorbringen würde, leicht durch eine, gleichfalls von Kupferblech *gemachte, Montgolfiere* bewerkstelligen; um wieder herabzukommen dürfte man aber nur eine Klappe öffnen, durch diese Wasserstoffgas entweichen und atmosphärische Luft eindringen *lassen*, welches in Verbindung mit der Wirkung der Montgolfiere das Herabsinken bewirken würde. 2. Noch wichtiger *aber* ist das zweite Hinderniſs. Der Grund nämlich, weswegen die Luftballons aus biegsamen Stoffen zu einem längeren Gebrauche, mithin auch für gröſsere Reisen untauglich sind, liegt in ihrer Durchdringlichkeit für die atmosphärische Luft, weswegen das Wasserstoffgas sehr bald verunreinigt, daher zu schwer und zum Tragen der erforderlichen Last ungenügend wird. Eben dieser Bedingung ist aber der von Prechtl vorgeschlagene innere Ballon um so mehr unterworfen, je stärker die atmosphärische Luft in ihm condensirt wird; letztere muſs sich daher mit dem Wasserstoffgas des groſsen Ballons vermischen, und durch das Exantliren allezeit ein aliquoter Theil des Gases verloren werden, bis die Steigkraft des Ballons aufhört. Der angegebene Vorschlag würde also nur dann zum Ziele führen, wenn man auch den inneren Ballon mit Wasserstoffgas füllte. Weil aber bei vermehrtem äuſseren Luftdrucke der in der höheren Region im Gleichgewichte befindliche Ballon so viel höher steigen würde, bis das angenommene Gleichgewicht der Elasticität des Gases im Ballon und der Luft auſser demselben wieder hergestellt

man jede Maschine, welche wegen ihres geringeren specifischen Gewichtes, als das der Luft ist, in letzterer statisch aufsteigt. Weil dem Menschen der Wunsch, in die höheren Regionen der Luft sich zu erheben, natürlich ist, und die Möglichkeit eines solchen Aufsteigens durch den Flug der Vögel gleichsam bewiesen scheint, so hat es von den ältesten Zeiten her Menschen gegeben, welche die Mittel

---

wäre, bei vermindertem äufseren Drucke aber bis zu einer gleichen Herstellung des Gleichgewichts herabsinken; so dürfte der innere Ballon nur dazu dienen, die Expansion des Wasserstoffgases um so viel zu compensiren, als die Montgolfiere den Apparat über oder unter sein einmal durch ausströmendes Gas regulirtes Gleichgewicht mit der äufseren Luft höhe oder herabsinken liefse. Dafs dieses durch Entwickelung von Wasserstoffgas während der Fahrt geschehen müfste, und dafs zugleich eine Barometerprobe erforderlich wäre, um die Elasticität des Gases im Ballon zu messen, versteht sich von selbst. Durch solche Hülfsmittel, welche zwar kostbar, aber keineswegs unmöglich sind, würde der aërostatische Apparat sich allerdings in einer wenig wechselnden mittleren Höhe erhalten können, selbst auch ohne einen in vielen Rücksichten hindernden eingeschlossenen Ballon. Das Aufsteigen hätte nur geringe Schwierigkeiten, wenn gehörige Sorge getragen würde, dafs das Gas aus einem so grofsen Ballon schnell genug entweichen könnte, das Herablassen würde aber mit grofser Vorsicht durch Einströmenlassen von atmosphärischer Luft geschehen müssen, und es ginge dann die ganze Füllung verloren. Dieses Hindernifs, verbunden mit einem andern, nämlich dafs man mit einem solchen Ballon sich, selbst mit Hülfe einer Montgolfiere, nicht würde ganz herablassen, und wieder erheben können, es sey denn das irgend ein zweckmäfsiges Mittel gegen die Folgen des wechselnden äufsern Luftdruckes sicherte, steht der wirklichen Ausführung noch immer entgegen. Indefs wäre schon viel gewonnen, wenn ein innerer Ballon, mit Wasserstoffgas, oder mit atmosphärischer Luft gefüllt nur dazu diente, beim Herablassen der Maschine die Dichtigkeit der inneren Luft so weit zu erhöhen, als der vermehrte äufsere Druck erfordert. Das bedeutendste Hindernifs liegt aber in der ungeheuern Gewalt, womit eine so grofse Maschine durch die Luftströmung würde fortgetrieben werden, wodurch das Herablassen und Festhalten derselben ohne besonders günstige Bedingungen leicht auf längere Zeit und an vielen Orten unmöglich werden könnte. Uebrigens würden die Kosten der Verfertigung, sicheren Füllung und Ausrüstung zwar grofs seyn, aber keineswegs diejenigen übersteigen, welche sonst wohl auf Reiseexpeditionen verwandt werden, die Schnelligkeit und Sicherheit aber, selbst bei einer Reise um die Welt, dürfte leicht die kühnsten Erwartungen noch übertreffen.

suchten, entweder mechanisch zu fliegen [1], oder durch specifisch leichtere Körper in der Luft gleichsam zu schiffen, statisch zu schwimmen. Man deutet auf solche Versuche die Fabel vom Dädalus und Icarus, desgleichen die dunkele Sage vom Archytas von Tarent, welcher eine hölzerne Taube durch mechanische Kräfte und einen eingeschlossenen Hauch (aura spiritus inclusa) belebt haben soll [2]. Eine Menge spätere Vorschläge zeigen eben so sehr das stets erneuerte Bestreben, die Kunst des Fliegens aufzufinden, als den Mangel hinlänglicher physikalischer Kenntnisse zur richtigen Beurtheilung des eigentlichen Problems. Roger Baco († 1292) äufserte sich darüber, dafs es ihm nicht schwer dünke, eine Maschine zu bauen, womit ein Mann sich so leicht, als ein Vogel durch die Luft bewegen könnte. Ob er aber eine Flugmaschine oder eine aërostatische im Sinne gehabt habe, ist nicht deutlich, doch scheint das letztere wahrscheinlich, weil die Sage von Archytas die Veranlassung zu der Aeufserung gab. Wilkins erzählt [3], dafs Mendoza gezeigt habe, ein Körper mit Elementarfeuer gefüllt, müsse an der Grenze der Luft eben so leicht schwimmen, als ein mit Luft gefüllter auf dem Wasser. Scaliger meinte [4], die Taube des Archytas und der ihr eingeblasene Hauch lasse sich ohne Schwierigkeit nachmachen. Am sachgemäfsesten waren noch die Vorschläge des Franz Lana oder Franciscus de Lanis [5] und des P. Galien [6]. Ersterer wollte ein Schiff durch vier luftleere kupferne Kugeln heben, letzterer eine ungeheure Maschine, so grofs als die Stadt Avignon, mit leichterer Luft aus der Region des Hagels füllen, und hierdurch aufsteigen lassen [7].

Nachdem Cavendish im Jahre 1766 die grofse Leichtigkeit das Wasserstoffgas entdeckt hatte [8], äufserte Dr.

---

1 S. *Fliegen.*

2 Gellius Noctes Atticae X. cap. 12.

3 Discovery of a new World. prop. 14.

4 Wilkins Daedalus. cap. 6.

5 Prodromo del arte maestra. Brescia 1670. fol.

6 L'art de naviger dans les airs. Avignon 1755. 12.

7 v. Murr Auszug aus Faujas de St. Fond Beschreibung der aërost. Versuche. Nürnb. 1784.

8 Philos. Trans. 1766.

Black in Edinburg zwei Jahre später, daſs Körper mit solcher Luft gefüllt, in die Höhe steigen müſsten. Er schlug zwar die Allantois eines Kalbes als eine geeignete Haut vor, wurde aber an der wirklichen Ausführung durch andere Geschäfte gehindert. Erst 1782 versuchte Cavallo kleine Aërostaten von Papier und Schweinsblasen durch dieses Mittel aufsteigen zu machen; allein ohne Erfolg, weil erstere Substanz zu porös, letztere zu schwer ist. Es gelang ihm daher bloſs Seifenblasen vermittelst Wasserstoffgas aufsteigen zu machen[1]. Die Nachricht von diesem interessanten Versuche kam in dem nämlichen Jahre durch den Professor Pickel zur Kenntniſs Lichtenbergs in Göttingen, welcher denselben wiederholte.

Nach ganz andern Grundsätzen richteten die Gebrüder Stephan und Joseph Montgolfier, ersterer für Mathematik, letzterer für Physik und Chemie bestimmt, nachher durch durch den Tod eines Bruders Papierfabrikanten zu Annonais in Vivarray ihre Versuche ein, indem sie Ballons von Papier mit brennbarer Luft aufsteigen zu machen versuchten; jedoch ohne Erfolg[2]. Nach der Analogie der schwebenden Wolken versuchten sie im November desselben Jahres Rauch von brennendem Papiere in eine undurchdringliche Hülle einzuschlieſsen, und brachten wirklich zu Avignon ein hohles Parallelopipedon von Taffent, 40 Cub. F. haltend, auf diese Weise zum Aufsteigen an die Decke des Zimmers. Eine andere Maschine, 650 Cub. F. haltend, stieg gleichfalls. Sie verfertigten daher eine Maschine von Leinwand, Fig. 36. 35 F. Durchmesser haltend, welche 450 Pfd. wog, noch auſserdem 400 Pfd. Last trug, und am 5ten Juni 1783 zu

---

1 The history and practice of aërostation by Tiberius Cavallo. Lond. 1785. p. 54. Geschichte und Praxis der Aërostatik von Tib. Cavallo. Leipz. 1786. S. 24. Geschichte der Aërostatik, historisch, physisch und mathem. ausgeführt von Kramp. Straſsb. 1784. und 85. 2 Th. 8. Anhang zur Geschichte der Aerostatik von Kramp. Straſsb. 1786. 8. Beschreibung der Versuche mit den aërostatischen Maschinen von Faujas de St. Fond. a. d. Fr. Leipz. 1784. 8. Fortgesetzte Beschreibung der Vers. mit aërostat. Masch. a. d. Fr. mit Zusätzen des Uebersetzers. Leipz. 1785. 8.

2 Discours lû a l'acad. des sciences de Lyon par J. Montgolfier. Nov. 1783.

Annonay in Gegenwart der Stände von Vivarrais bis 1000 F. in die Höhe stieg und 12000 vom Orte des Aufsteigens wieder herabfiel. Die Erfinder kannten eigentlich ihre Erfindung selbst nicht, indem sie glaubten durch das Verbrennen des Strohes und Papiers ein eigenthümliches Gas erzeugt zu haben, welches auch von einigen Schriftstellern Montgolfierisches Gas genannt wurde.

Sobald diese überall mit großem Enthusiasmus aufgenommene Erfindung in Paris bekannt wurde, und man überlegte, daſs das Wasserstoffgas viel leichter sey als das sogenannte Montgolfierische; so sammelte Faujas de St. Fond durch Subscription das nöthige Geld für einen gröſsern Ballon, welchen die geübten Mechaniker, Gebrüder Robert unter der Leitung des Professors der Physik Charles von Taffent mit dem eben erfundenen Firniſs aus aufgelösetem elastischen Harze überzogen, füllte ihn mit Wasserstoffgas aus Eisenfeil und verdünnter Vitriolsäure, und lieſs ihn den 27sten Aug. 1783 auf dem Marsfelde steigen. Sein Durchmesser war 12 F. 2 Z., er wog 25 Pfd. stieg in zwei Minuten 488' hoch, verschwand in den Wolken, und fiel unweit dem Dorfe Genesse, 5 Lieues von Paris in Folge eines wahrscheinlich durch zu starke Ausspannung erhaltenen Risses nieder. Bald nachher kam der jüngere Montgolfier gleichfalls nach Paris, und lieſs Aërostaten aufsteigen. Der hauptsächlichste Versuch wurde den 19ten Sept. zu Versailles vor der königl. Familie angestellt, indem ein Sphäroid von Leinwand 57 F. hoch, 41 F. breit, von 37500 Cub. F. Inhalt nach Verbrennung von 80 Pfd. Stroh und 5 Pfd. Wolle sich bis 240' erhob. Der Ball wog nebst dem Käfig, worin ein Hammel, eine Ente und ein Hahn saſsen, 900 Pfd. erhielt sich 8 Minuten in der Luft schwebend, und fiel bei Vaucresson, 1700' vom Orte des Aufsteigens so sanft nieder, daſs die Thiere ganz unbeschädigt blieben, und der Hammel fressend angetroffen wurde.

Fig. 37.

Einer der lebhaftesten Bewunderer der neu entdeckten Luftschiffahrt war Pilatre de Rozier, Vorsteher des Museums, welcher es am 15ten Oct. 1783 zuerst wagte, mit einer von Montgolfier verfertigten, und durch ein Seil ge-

haltenen Maschine 74 F. hoch, 48 F. breit, unter welcher eine Glutpfanne zum steten Erhalten der Hitze hing, 84 F. hoch aufzusteigen, und 4,5 Minuten schwebend zu bleiben, indem er durch Vermehrung und Verminderung des Feuers sich bald hob, bald herabliefs. Nach nochmaliger Wiederholung dieses Versuches stieg er selbst nebst dem Marquis d'Arlandes am 21sten Nov. mit der nämlichen Maschine im Schlosse la Muette in die Höhe, sie blieben 25 Minuten in der Luft, wurden vom Winde über einen Theil der Stadt und über die Seine getrieben, und indem sie durch Verstärkung des Feuers die zum Herablassen ungünstigen Oerter vermieden, kamen sie 5000' vom Orte des Aufsteigens unbeschädigt wieder herab. Die Maschine hatte 60000 Cub. F. Inhalt, und die gehobene Last betrug zwischen 1600—1700 Pfd. Die Gebrüder Montgolfier bekamen für ihre Erfindung den Preis von 600 Francs für das J. 1783. Um nicht hinter ihrem Nebenbuhler zurückzubleiben, stiegen auch Charles und der eine Robert den 1sten Dec. 1783 vermittelst eines mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons von Taffent, 26 F. im Durchmesser haltend, in den Tuillerien auf, wurden in einer Höhe von 250—300' etwa zwei Stunden lang fortgetrieben, sanken 9 Stunden von Paris in der Ebene bei Nesle herab, wo Robert ausstieg. Der hierdurch um 130 Pfd. erleichterte Ballon erhob sich wieder bis zu 1500' Höhe, und fiel nach 35 Minuten unweit des Gehölzes vor Tour du Lay herab, ohne dafs der Aëronaut im mindesten beschädigt war. Seit dieser Zeit wurden die aërostatischen Versuche blofs zum Vergnügen, und ohne irgend einen Nutzen für die Wissenschaft unglaublich oft wiederholt, so dafs bis zum März 1785 schon 35 Luftfahrten von 58 verschiedenen Personen gemacht waren. Namentlich erhob sich in Lyon am 4ten Juni 1784 Fleurant mit Madame Thible, der ersten Dame, welche sich in einen nicht gehaltenen Ballon wagte, in Gegenwart des Königs Gustav von Schweden zu einer Höhe von 8500 F. und legte 2 Meilen in 45' zurück. Mehrere, vorzüglich Blanchard, reiseten in fremden Ländern umher, um durch die aëronautischen Versuche der neugierigen Menge ein angenehmes Schauspiel zu machen. Es ist indefs überflüssig, alle diese

Luftfahrten zu erzählen, und es genügt daher, die wichtigsten und interessantesten kurz zu erwähnen.

Pilatre de Rozier ging bald nach seiner ersten aëronautischen Fahrt zum älteren Montgolfier nach Lyon, verfertigte mit diesem eine ungeheure Maschine 126 F. hoch und 102 F. Durchmesser, und stieg vermittelst derselben mit dem einen Montgolfier und noch 6 andere Personen den 19ten Jan. 1784 bis zu einer Höhe von 500t. Weil der Ballon aber 15 Minuten nach dem Abgange einen Rifs bekam, sank er wieder herab. Nachdem Pilatre de Rozier darauf am 23sten Juni desselben Jahres nochmals in Gegenwart des Königs von Schweden zu Versailles aufgestiegen war, fafste er den Entschlufs, über den Canal nach England zu fahren, und als ihm Blanchard in diesem Unternehmen zuvorkam, und er dennoch in dem dazu bestimmten sehr grofsen Ballon am 15ten Juni mit dem Parlamentsadvocaten Romain zwischen Calais und Boulogne aufstieg, um über den Canal zu setzen, so entzündete sich die Maschine, nachdem sie schon eine zeitlang über der See geschwebt hatte, und vom Winde wieder nach dem Lande hin getrieben war, in einer Höhe von etwa 1200 F. Die Luftschiffer stürzten herab, und wurden so beschädigt, dafs kaum noch die menschliche Gestalt an ihnen zu erkennen war. Blanchard hatte schon früher durch mechanische Vorrichtungen zu fliegen versucht[1], ergriff daher begierig das neu aufgefundene Mittel der Aërostaten, stieg mehrmals in Paris und in Rouen auf, reisete nach England, wiederholte dort die Versuche öfters, indem er sich der Ballons mit Wasserstoffgas bediente, und bewerkstelligte nebst dem Americaner Dr. Jefferies mit demjenigen Ballon, welcher ihm schon bei fünf Luftfahrten gedient hatte, die Ueberfahrt über den Canal von Dover nach Calais den 7ten Jan. 1785. Das Gas entwich schnell aus dem Ballon, so dafs sie bald ihre 30 Pfd. Ballast, demnächst alle ihre Sachen und einen Theil ihrer Kleider wegwarfen. Nahe an der Küste hob sich indefs der Ballon wieder, und die Aëronauten landeten wohlbehalten im Walde von Guiennes. Blanchard erhielt für diese

1 Montucla Hist. des Math. III. 781.

Fahrt von Könige von Frankreich 12000 Fr. und eine jährliche Pension von 1200 Fr.

Später reisete BLANCHARD allgemein in Deutschland umher und wiederholte seine Luftfahrten, jedoch blofs zur Belustigung und ohne irgend einen Nutzen für die Wissenschaften. Die weiteste Luftreise machten die Gebrüder ROBERT mit einem ihrer Verwandten, indem sie vermittelst eines mit Wasserstoffgas gefüllten Aërostaten binnen 2 St. 42 Min. eine Strecke von 50 Stunden von Paris bis Beuvry zurücklegten. In England liefs der nachher durch seine zum Theil gelungenen, zum Theil verunglückten Versuche berühmt gewordene Graf ZAMBECCARI am 25sten Nov. 1783 eine Kugel von geöltem Seidenzeuge, 10 F. im Durchmesser haltend, in London aufsteigen, und ein anderer Italiäner, LUNARDI stellte den 15ten Sept. 1784 die erste Luftfahrt an, bis Blanchard an mehreren Orten daselbst die aërostatischen Versuche wiederholte.

Unter die interessantesten, dort bewerkstelligten aërostatischen Versuche gehören ferner die von CROSBIE, welcher am 19ten Juli um 2 Uhr Nachmittags zum drittenmale in Dublin in die Höhe stieg, um über den Canal nach Holyhead in England zu fahren. Die Gondel war mit einem zweckmäfsigen Rande versehen, um im unglücklichen Falle als Kahn zu dienen. Er nahm 300 Pfd. Ballast mit, wovon er aber 50 Pfd. beim Aufsteigen wegwarf. Anfangs trieb ihn ein gerader Westwind nach England, bald aber wurde der Wind NO, und so befand er sich 40 engl. Meilen von der Irländischen Küste im Anblick beider Länder, ein Schauspiel, welches er als alle Vorstellung übertreffend schildert. Die Kälte war so stark in der grofsen Höhe, dafs seine Dinte gefror und das Quecksilber des Thermometers bis in die Kugel sank. Crosbie selbst befand sich unwohl, und fühlte einen heftigen Druck gegen das Paukenfell. In der gröfsten Höhe glaubte er still zu stehen, liefs aber etwas Gas entweichen, und sank herab, kam aber dabei in einen nördlichen Luftstrom, sank bald darauf durch eine Wolke, worin er Blitz und Donner wahrnahm, und kam nahe über das Wasser, gegen welches der Wind ihn so heftig trieb, dafs alle Bemühungen, Ballast auszuwerfen, ver-

gebens waren, das Wasser in die Gondel drang, seine Beobachtungsregister zerstörte, und er selbst seine Korkweste anlegte. Hier zeigte sich der Nutzen der Einrichtung seiner Gondel, welcher sein eigenes Gewicht und das des eingedrungenen Wassers als Ballast diente, so daſs er vermittelst des fliegenden Ballons mit reissender Schnelligkeit nach der Küste trieb, wo ihn ein Schiff von Dunleary auffing, den Ballon befestigte, und alles wohl behalten in diesen Hafen brachte. Ein ähnliches Schicksal traf den Major, jetzt General Money, welcher in Norwich den 22sten Juli des nämlichen Jahres um 4 Uhr Nachmittags aufstieg, über das Meer getrieben wurde, wo der Ballon sank; so daſs der Aëronaut stets tiefer, zuletzt bis an die Brust in Wasser stand, von einem verfolgenden Schiffe binnen zwei Stunden nicht erreicht werden konnte, und erst um 11 Uhr Nachts ganz erschöpft in ein Boot aufgenommen wurde[1]. Eine interessante, aber nur wenige wissenschaftliche Beobachtungen, keine wesentliche Erweiterung der Naturkunde darbietende aërostatische Reise ist die von Beaufoy und Sadler im Aug. 1811 unternommene, wobei sie sich bis ohngefähr 5861 engl. Fuſs erhoben[2].

In Amerika lernte man das Schauspiel der aërostatischen Auflüge früh kennen, indem Rittenhouse und Hopkins in Philadelphia schon im Dec. 1783 einen Ballon steigen liessen. In Italien stellte Paul Andreani mit den Gebrüdern Gerli am 25sten Febr. 1784 die erste Luftfahrt an.

Obgleich die bisher erwähnten aërostatischen Versuche im Allgemeinen mehr zur Belustigung als zur Erweiterung der Wissenshaften benutzt wurden; so haben doch einige in mehrfacher Hinsicht ein vorzügliches Interesse erregt, und zum Theil auch über manche unbekannte Gegenstände Auskunft gegeben. Hierhin gehört vor allen Dingen die erste Luftfahrt von Charles und Robert am 1sten Dec. 1783, welche mit Aufrichtigkeit erzählt weit mehr Aufklärung über

1 Dieses, und eine sehr vollständige chronologische Uebersicht der bekanntesten Luftfahrten findet man in Hutton Dict. I. 35 ff. Noch ausführlicher ist Rees Cyclop. Art. Aerostation.

2 Ann. of Phil. IV. 285. Bibl. Brit. LVII. 286.

die Gesetze der Aëronautik giebt, als die übertriebenen Windbeuteleien der späteren Aëronauten[1]. Ferner ist dahin zu rechnen das Aufsteigen französischer Offiziere zur Auskundschaftung des österreichischen Lagers am Tage der Schlacht von Fleurus, worüber Fourcroy am 3ten Jan. 1795 einen Bericht abstattete[2]. Dieser Ballon war von elliptischer Form, hatte 57 F. im Umfange, wurde bei widrigem Winde von 30 — 40 Pferden gehalten, während die Aëronauten ihre gemachten Beobachtungen auf Zetteln mit Blei beschwert an einer Schnur herabliefsen. Ueberhaupt wurden zu jener Zeit die Luftballons zu ähnlichen Zwecken oft angewandt, und der Berichterstatter erwähnt deren 34, mit dem Zusatze, dafs gegen einen derselben am 13ten Juni zu Maubenge eine Batterie von 17 Kanonen ohne Erfolg gerichtet sey. Was aber zugleich vorausgesagt wurde, nämlich dafs die Aërostaten künftig bei allen Armee-Corps würden eingeführt werden, ist nicht in Erfüllung gegangen, wahrscheinlich wegen der Langsamkeit und Schwierigkeit der Füllung und der bis jetzt noch sehr gröfsen Mangelhaftigkeit oder Unmöglichkeit ihrer Lenkung[3]. Im Jahr 1799 den 25sten Juli stieg der berühmte Lalande mit Garnerin auf, ohne jedoch physikalische Beobachtungen zu machen, aufser dafs er die Höhe, bis zu welcher er sich erhoben hatte, vermittelst des Barometers zu 250^t. berechnete[4]. Am 13. April 1803 versprach der nämliche Künstler den Obermedicinalrath Hermbstädt zur Anstellung physikalischer Versuche mitzunehmen, allein als die Auffahrt sich bis gegen Sonnenuntergang verzögerte, und er ohnehin darauf bestand, erst seine Frau mitzunehmen, dann einige Meilen von Berlin wieder herabzukommen, und längstens zwölf Stunden zu warten, bis der berühmte Physiker mit seinen

---

1 Posselt Europäische Annalen 1795. St. II. S. 142.

2 Faujas. 236. Kramp. II. 126.

3 Anfangs wurde die Anwendung solcher Maschinen zu Kriegsgebrauche sehr betrieben durch den als Physiker und Mathematiker berühmten General Meusnier, den Gehülfen Lavoisiers bei vielen seiner Arbeiten, welcher bei der Vertheidigung von Mainz im Revolutionskriege starb; nach seinem Tode aber war nicht mehr die Rede davon.

4 S. G. XVI. 7.

Instrumenten einsteigen könne, mufste letzterer von einem auf diese Weise durchaus eiteln Unternehmen abstehen, indem ohnehin alle Aeufserungen des Künstler seinen gänzlichen Mangel an den gemeinsten physikalischen Kenntnissen und übermäfsige Grofssprecherei beurkundeten [1]. Am eifrigsten beschäftigte sich der Graf ZAMBECCARI mit der Aëronautik, und seine zwei Aufflüge in Bologna gehören daher unter die Zahl der merkwürdigsten. Bei der ersten am 7. Oct. 1803 in Gesellschaft der HH. GRASSETTI und ANDREOLI erreichte der Ballon eine solche Höhe, dafs die Aëronauten ganz erstarrten, und dem Grafen nachher in Venedig drei Finger abgenommen werden mufsten. Der Ballon fiel in das Adriatische Meer, durch die Geschicklichkeit des Schiffers ANTON PAZOL wurden die Luftschiffer vom unvermeidlichen Tode in den Wellen gerettet, der Aërostat aber, welcher nach dem Abschneiden der Gondel bis nach Bosnien flog, fiel bei der türkischen Festung Vihacs nieder, wo ihn der Commandant als einen Gesandten vom Himmel ansah, in Stücke schneiden liefs und unter seine Freunde vertheilte [2]. Eben so unglücklich fiel die zweite Fahrt am 22. Aug. 1804 aus, indem hierbei gleichfalls der Ballon eine unermefsliche Höhe erreichte, und in das adriatische Meer herabsank [3]. Inzwischen bewies ZAMBECCARI hierbei factisch, dafs er die verticale Lenkung vermittelst gröfserer Erhitzung der Luft in der Montgolfiere in seiner Gewalt habe. Am 30. Jun. desselben Jahres erhob sich der Petersburger Akademiker SACHAROW mit dem bekannten Aëronauten ROBERTSON, mit minder bedeutendem Gewinn für die Wissenschaft, als sich erwarten liefs [4]. Sehr auffallende Beweise ungenügender Kenntnisse des Aëronauten aber und falscher Behauptungen desselben lieferte die Auffahrt ROBERTSON's in Ham-

1 G. XVI. 166. Man findet hier eine von Gilbert angestellte gründliche und ausführliche Untersuchung der Höhen, bis zu welcher der Aëronaut unter den verschiedensten angenommenen Bedingungen sich erheben konnte, und sonstige schätzbare Bemerkungen.

2 G. XVI. 205.

3 Relazione dell' esperienza aerostatica e seguita in Bologna li 22 Agosto 1804 da'l Come de Zambeccari. G. XVII. 156. XIX. 154.

4 G. XX. 107. Ann. de Chim. LII. 121.

burg[1]. Die merkwürdigste und wichtigste Luftfahrt ist daher diejenige, welche Biot und Gay-Lüssac am 24. Aug. 1804 unternahmen, indem Conté den Ballon besorgte, und die gleich darauf von Gay-Lüssac allein unternommene am 16. Sept. desselben Jahres, wobei er eine Höhe von 3600', also 333' höher als die Spitze des Chimborazo, erreichte[2]. Beide wurden mit unglaublicher Sicherheit und ohne irgend einen Unfall ausgeführt, und haben über manche wichtige Gegenstände befriedigende Auskunft gegeben.

Die neuesten, zunächst für physikalische Untersuchungen bestimmten Aufflüge hat der Engländer Green angestellt, welcher seine Ballons mit dem, zwar etwas schwereren, aber auch weit weniger kostbaren Steinkohlengas füllte. Er fand nämlich, dafs ein Probeballon, mit diesem Gas gefüllt, 11 Unzen, mit gewöhnlich bereitetem Wasserstoffgas gefüllt aber 17 Unzen leichter war, als mit atmosphärischer Luft[3].

Endlich hat man die Aërostaten auch benutzt, um den Zustand der Atmosphäre rücksichtlich ihres elektrischen Gleichgewichts zu untersuchen. Man bedient sich hierzu kleiner Charlieren von Goldschlägerhaut, welche an einem Seile mit eingewebten Metallfäden festgehalten werden. Oben haben diese Ballons eine metallene Spitze, welche durch einen feinen Draht mit den Metallfäden des Seiles verbunden ist, um die Elektricität der oberen Luftregionen aufzufangen, unten aber ist das Ende des Seiles isolirt. Der Abt Bertholon zu Montpellier war der erste, welcher sie hierzu benutzte[4].

Die bisher mitgetheilte Geschichte dieser interessanten Erfindung zeigt schon, dafs es zwei wesentlich verschiedene aërostatische Maschinen giebt, welche mit dem gemeinschaftlichen Namen Aërostaten benannt werden. Inzwischen unterscheiden sie sich wesentlich durch das Princip, worauf ihre Construction beruhet, und es ist daher nützlich,

1 Voigt Mag. VI. 216.

2 G. XX. 1 ff. J. de ph. LIX. 314. u. 454.

3 Journal of Sciences cet. Nr. XXIII. 14.

4 Tib. Cavallo: History and Practice of Aërostation 1735. 8.

die zum Theil schon angenommene doppelte Benennung beizubehalten, wonach die von den Gebrüdern MONTGOLFIER erfundenen Maschinen Montgolfièren, die von CHARLES aber Charlièren oder schlechtweg Luftballons genannt werden. Die letzteren beruhen auf dem Grundsatze, dafs eine mit dem sehr leichten Wasserstoffgas gefüllte Hülle, wenn ihr specifisches Gewicht geringer ist als das eines gleichen Volumens atmosphärischer Luft, nothwendig statisch aufsteigen mufs. Wenn wir nun der Bequemlichkeit wegen eine kugelförmige Gestalt dieser Maschinen annehmen, so ist klar, dafs die Oberfläche verschiedener Aërostaten dem Quadrate, der Inhalt aber dem Würfel der Durchmesser proportional sey, mithin wächst der Inhalt bei zunehmendem Durchmesser stärker als die einschliefsende Hülle, und es werden daher gröfsere Kugeln eine gröfsere Steigkraft bei dickerer Hülle haben; zugleich aber mufs es ein Minimum des Durchmessers geben, unter welches ein Luftballon bei einer Hülle von gegebenem Gewichte nicht herabgehen kann. Die leichteste, bis jetzt bekannte Substanz, aus welcher die kleinsten Montgolfieren gemacht werden können, ist die Matte der Elsen-Raupe[1]. Der Hauptmann von HEBENSTREIT nämlich läfst mit bewundernswürdiger Kunst diese Thiere ihre Matten in allen möglichen Formen, und auch als Montgolfieren weben, welche ohne Nath etwa 2 bis 3 F. hoch und von 2 bis 2,5 F. oberem Durchmesser, unten durch einen dünnen Fischbeinstreifen aufgespannt, das höchst interessante Schauspiel gewähren, durch einen angezündeten Fidibus zum Steigen gebracht zu werden. Am leichtesten giefst man einen halben Theelöffel voll Weingeist in ein kleines Schälchen, zündet diesen an, und hält die Oeffnung des kleinen Ballons darüber, so erhebt er sich sogleich ganz aufgeblasen an die Decke des Zimmers. Als nächst leichteste Hülle nimmt man zu Charlieren die sogenannten Schafhäutchen, welche man beim Lammen der Schafe erhält, über mit Unschlit bestrichenen Formen ausspannt, und durch ihren eigenen Leim zusammenklebt, um kleine Ballons von 3 bis etwa 36 Z. Durchmesser zur bloſsen

---

1 Münchener Denksch. 1817 u. 18. p. 69. ff. G. LXI. 101 ff.

Belustigung daraus zu verfertigen[1]. Indem diese Haut leicht reifst, so mufs man die daraus verfertigten Aërostaten mit Vorsicht füllen, kann aber die entstandenen Risse leicht mit kleinen Stückchen des nämlichen Häutchens ausbessern, wenn man die Ballons behutsam aufbläst, an der schadhaften Stelle vermittelst eines Pinsels mit etwas Speichel benetzt, und ein passendes Stück darauf legt. Stärker, aber auch schwerer ist die Goldschlägerhaut, welche aus dem Inneren des Dickdarms von Ochsen gemacht wird, indem man denselben im Wasser etwas maceriren läfst, dann die innere Haut herabzieht, ausspannt, vom Fette reinigt, mit Bimsstein abreibt, und zum Schlagen des Goldes mit Firnifs überzieht. Maschinen von solcher Haut haben zuerst der Maler Dechamp und der Baron Beaumanoir in Paris verfertigt, und die kleinste Kugel von 6 Z. Durchmesser wog nur 36 Gran. Zu gröfseren Ballons nimmt man leichte seidene Zeuge, und macht sie durch einen Firnifs weniger durchdringlich für das Wasserstoffgas, obgleich es unmöglich ist, sie vollkommen undurchdringlich zu machen. Diesen Firnifs verfertigte man anfangs in Frankreich aus Federharz (gummi elasticum), dessen Auflösung in Terpentinspiritus geheim gehalten wurde[2], allein es fand sich bald, dafs Leinölfirnifs, mit Terpentinspiritus verdünnt, eben so gute Dienste leiste und leichter trockne. Den Quadratfufs solcher Taffents berechnet man ohngefähr zu 0,75 Unzen schwer. Um den gröfsten Inhalt bei der kleinsten Oberfläche zu erhalten, wählt man die Kugelform, und überzieht die Aërostaten zur gröfseren Haltbarkeit, und um die Gondel der Aëronauten daran zu befestigen, mit einem Netze von Schnüren, bringt aufserdem am oberen Theile eine Sicherheitsklappe an, welche durch eine Feder zugehalten wird, vermittelst eines in die Gondel herabgehenden Seiles aber geöffnet werden kann, um das Zerplatzen des Ballons bei dem geringeren Luftdrucke

1 Sie werden vorzüglich durch den Mechanicus Cichansky in Göttingen verfertigt, welcher die Verfahrungsart von Lichtenberg erlernte.

2 Blanchard schnitt das Federharz in kleine Stücke, und erweichte es mehrere Tage in Terpentinspiritus, kochte dann 1 Unze dieser Solution mit 8 Unzen Leinölfirnifs einige Minuten, filtrirte den Firnifs und trug ihn heifs auf. Bibl. Brit. XLVI. 199.

in gröſserer Höhe zu vermeiden, obgleich er aus Rücksicht hierauf nur zu etwa 0,75 seines Inhalts gefüllt wird. Der Ballon ist unten mit einem oder zwei Schläuchen versehen, durch welche er gefüllt wird. Meistens nimmt man zur Füllung das durch Schwefelsäure und Eisenfeil entbundene Wasserstoffgas, welches in mehreren Fässern der groſsen erforderlichen Menge wegen bereitet wird. Man rechnet meistens auf einen Cub. F. Gas im Mittel 4 Unzen Eisenfeil, 6 Unzen Vitriolöl und 18 Unzen Wasser[1]; oder 4,5 Unz. Eisen, ebensoviel Vitriolöl, und 22,5 Unz. Wasser; oder 6 Unzen Zink, ebensoviel Vitriolöl und 30 Unzen Wasser, nimmt vom Eisen lieber gröſsere Stücke, als Feile, weil letztere leicht zusammenballet und zu groſse Hitze entwikkelt, zieht aber den Zink vor, um den erhaltenen Vitriol besser zu benutzen.[2]. Das auf solche Weise bereitete Gas ist in der Regel $\frac{1}{7}$ vom Gewichte der atmosphärischen Luft schwer, kann aber durch Vorsicht, und wenn man dasselbe zur Abkühlung und Reinigung von Kohlensäure vorher durch Kalkwasser streichen läſst, wohl bis 0,1 dieses Gewichtes gebracht werden.

Die Gasbereitung zum Füllen der Ballons hält gewöhnlich sehr lange auf, und daher stiegen in der Regel die Aëronauten später auf, als sie versprochen hatten; aber da die Ballons nicht völlig luftdicht sind, so kann die Bereitung nicht längere Zeit vorher angefangen werden, weil man sonst einen groſsen metallenen Gasometer anwenden müſste, um das Gas rein aufzubewahren, und hinlänglich abzukühlen, ein für das bessere Gelingen der Versuche übrigens sehr zweckmäſsiges Mittel. Eine groſse Fertigkeit in der Bereitung des Gases und in der Füllung der Ballons besaſs Lunardi. Dieser bewerkstelligte dieselbe zweimal, zu Edinburg und Glasgow, mit 2000 Pfd. Eisenreste von Kanonen, eben so viel Vitriolöl und 12000 Pfd. Wasser in zwei groſsen Gefäſsen, worin er das Eisen auf Stroh schichtete, um die Berührungspuncte zu vermehren, und been-

1 G. XVI. 204.
2 Rees Cyclop. art. Aerostation.

digte das ganze Geschäft in weniger als 2 Stunden, wobei das Gas ohne Reinigung unmittelbar in den Ballon stieg.

Wenn gleich bei solchen Bereitungen im Grofsen das Resultat nicht vollständig mit den genauen Bestimmungen des Verhältnisses der Substanzen, aus welchen das Wasserstoffgas durch Zerlegung des Wassers entbunden wird, übereinstimmen kann, so ist es doch nicht überflüssig, auch dieses als Norm hier anzugeben. Es gehören nämlich dem Gewichte nach zu 27 Th. Eisen oder 32 Th. Zink 49 Th. Schwefelsäure und ohngefähr 400 Th. Wasser (indem man hiervon besser mehr als weniger nimmt, um das entstandene Salz aufgelöset zu erhalten) und diese geben 1 Th. Wasserstoffgas. Auch 32 Th. Zink, mit einer, des unbekannten Antheils von Wasser nicht genau bestimmbaren Menge gemeiner Salzsäure geben 1 Th. Wasserstoffgas, und wenn man die Bestandtheile in par. Pfd. rechnet; so giebt 1 Pfd. Wasserstoffgas bei mittlerer Temperatur und bei mittlerem Barometerstande 158,5 Cub. F.[1]. Dafs man das Wasserstoffgas von gröfserer Reinheit und Leichtigkeit durch Zersetzung des Wassers vermittelst glühenden Eisens erhält, ist bekannt; allein man würde auf diese Weise die zur Füllung eines grofsen Ballons erforderliche Quantität schwerlich erhalten können[2]. Auch durch die trockne Destillation oder Zersetzung thierischer Fette und vegetabilischer Körper erhält man Wasserstoffgas, welches aber wegen des beigemischten Kohlenstoffes zu schwer ist. Sehr brauchbar und wohlfeil ist gereinigtes Steinkohlengas, dessen Gewicht nahe genau viermal geringer ist, als das der atmosphärischen Luft.

Die Montgolfieren beruhen auf dem Gesetze, dafs die Luft durch Wärme bedeutend ausgedehnt, und dadurch specifisch leichter wird, so dafs sie die einschliefsende Hülle mit in die Höhe nehmen mufs, wenn das Gewicht derselben geringer ist, als der Unterschied des specifischen Gewichts der erhitzten Luft und desjenigen eines gleichen Volumens kälterer Luft. Indem aber die Luft durch eine Temperatur-

1 Eine scharfe Berechnung ist wegen des im Gas enthaltenen Antheils von Wasser, Metall und Säure unmöglich.

2 G. LVII. 428.

erhöhung von 100° C. nur um 0,375 ausgedehnt, mithin auch ebensoviel spec. leichter wird, so ergiebt sich hieraus deutlich, und noch mehr aus der unten folgenden Berechnung, daſs es unmöglich ist, die Montgolfieren eben so klein zu verfertigen als die Charlieren. Berücksichtigt man neben der Geringfügigkeit des Preises auch die geringe Wärmeleitung des Papiers, so ist dieses für kleine Montgolfieren am meisten geeignet; zu gröſseren aber nimmt man der erforderlichen Festigkeit wegen leinene oder baumwollene Zeuge, legt diese zuweilen doppelt über einander, oder füttert sie mit Papier aus. Um sie inwendig gegen das Entzünden etwas zu sichern, werden sie mit einer Erdfarbe überstrichen, oder vorher in einer Auflösung von Salmiak und Kalk eingeweicht, auswendig aber gegen den Einfluſs des Regens durch Oelfarbe geschützt. Auch bei diesen wählt man die Kugelform oder eine, welche dieser nahe hommt, läſst unten eine Oeffnung, deren Durchmesser 0,25 bis 0,83 des Durchmessers der Maschine selbst beträgt, nähet einen Hals von gleichen Durchmesser und 6 F. Höhe daran, und legt für die Aëronauten unten eine 3 F. hohe und 18 Z. breite, aus Weiden geflochtene Gallerie an, welche mit der inneren Seite an dem Halse festgemacht wird, auſsen aber an Seilen hängt, deren Enden an das über den oberen Theil des Ballons geflochtene Netz geknüpft werden. Etwa 1 F. über dem unteren Rande wird inwendig in den Hals eine Glutpfanne aus eisernen Stäben, welche ohngefähr 0,3 des inneren Raumes des Halses einnimmt, oder eine blecheno Flasche mit Weingeistlampen, an Ketten aufgehängt, und durch Einschnitte im Schlauche von den Aëronauten behandelt. Sind die Montgolfieren klein, so faltet man sie zusammen, hält die untere Oeffnung über ein flackerndes Feuer, am leichtesten über entzündeten Weingeist, und indem man der Ausdehnung des Ballons durch die aufsteigende erhitzte Luft vermittelst Entfaltens desselben zu Hülfe kommt, wird er sich von selbst erheben; zugleich aber ist es nützlich, ihn durch eine Schnur, welche über ein leichtes Gerüst herabhängt, in die Höhe zu ziehen. Sind diese kleineren einmal mit erhitzter Luft gefüllt, so befestigt man zur längeren Erhaltung der Hitze unter ihrem Halse bloſs

einen mit Weingeist getränkten Schwamm, welcher angezündet eine Zeitlang fortbrennt. Etwas gröſsere Montgolfieren dieser Art, vorzüglich die mit Weingeistlampen versehenen, steigen unglaublich hoch, und wenn sie von geöltem, hierdurch transparentem, auch wohl roth gefärbtem Papiere verfertigt sind, und des Abends bei klarem Himmel und bei völliger Windstille aufsteigen, gewähren sie als allmälig verschwindende, zuletzt kaum unter den Sternen noch sichtbare, leuchtende Puncte ein interessantes Schauspiel. Weil sie sich aber zuweilen entzünden, und dann brennend herabfallen können, so sind sie nicht ohne Grund in einigen Ländern polizeilich verboten. Um gröſsere Maschinen, womit Menschen aufsteigen wollen, zu füllen, wird ein eigenes Gerüst gebauet, mit einem etliche Fuſs über dasselbe hervorragenden, und etwas engeren Schornsteine, als der Hals der Montgolfiere ist. Der Rand des Halses wird dann auf das Gerüst gelegt, die zusammengefaltete Maschine mit einem Seile durch Hülfe einer an aufgerichteten hohen Bäumen befestigten Rolle oder eines Flaschenzuges in die Höhe gezogen; dann wird auf einem Roste unter dem Schornsteine ein leichtes und wenig Rauch gebendes Feuer angezündet, so daſs die erhitzte Luft in dem Halse der Montgolfiere aufsteigt, und diese anschwellt. Ist dieses hinlänglich geschehen, so wird sie etwas seitwärts geschoben, die Aëronauten besteigen mit den erforderlichen Geräthschaften die Gallerie, zünden so viele Lampen an, als sie nöthig glauben, und steigen so in die Höhe.

Die Zeuge, aus welchen die Aërostaten verfertigt werden, sind ebene Flächen. Um aus ihnen die Kugelform möglichst genau zu erhalten, ist erforderlich zuerst eine Regel zu entwerfen, und hiernach die einzelnen Stücke Zeug auszuschneiden, welche dann zusammengenähet den kugelförmigen Körper geben. Zu diesem Ende mache man die Linie AE der Hälfte des gröſsten Kreises der zu verfertigenden Kugel gleich, halbire sie in C, bestimme, wie viele Streifen die Kugel bilden sollen, und nehme CD = der Peripherie dividirt durch zweimal die Zahl der Streifen, trage die so gefundene Gröſse auf einen Maſsstab und theile diesen in 10 Theile, und einen Theil davon wieder in 100

Fig. 38.

oder 1000, den Raum AC aber in 18 Theile, und fälle die Normalen a, b, c u. s. w. Die Länge derselben nehme man a = 9,9619; b = 9,8485; c = 9,6593; d = 9,3969; e = 9,0631; f = 8,6603; g = 8,1915; h = 7,6604; i = 7,0711; k = 6,4279; l = 5,7358; m = 5,00; n = 4,2262; o = 3,4202; p = 2,5882; q = 1,7365; r = 0,8716; ziehe durch die Endpuncte die gefundene krumme Linie AD, mache die übrigen drei Theile der Figur dieser ersteren gleich, und schneide hiernach die Stücke des Zeuges so aus, dafs für die Nähte ein hinlänglicher Rand gelassen wird. Hat man demnächst die einzelnen Stücke zusammengenähet, und die Nähte mit Firnifs überstrichen, so wird der auf diese Weise gefertigte Ballon der Kugelgestalt so viel näher kommen, je gröfser die Anzahl der Theile ist, woraus man ihn gefertigt hat, welche man indefs meistens zwischen 12 bis 24 nimmt, und jemehr die Dehnbarkeit des Zeuges beim vorläufigen Aufblasen die Entstehung dieser Form erleichtert. Dafs man übrigens bei den Montgolfieren die einzelnen Streifen unten etwas verlängern, und zur Bildung des Halses gehörig breiter lassen müsse, ist an sich klar. Bei den Charlieren ist es sehr nöthig, auf genaue Dichtigkeit der Nähte zu sehen, weit weniger ist dieses bei den Montgolfieren der Fall, indem die erste zu Annonay aufgestiegene sogar blofs mit Knöpfen zusammengefügt war.

Die eigentliche Steigkraft der Aërostaten, oder ihr relatives Gewicht, und somit auch das Uebergewicht einer gleich grofsen Luftmasse läfst sich nicht mit absoluter Schärfe angeben, weil weder die Gröfse eines solchen nicht vollkommen regelmäfsigen Körpers, noch die Ausdehnung der Luft durch die nicht auf allen Puncten gleiche Wärme, noch der Grad der Reinheit und Trockenheit der Luft oder des Wasserstoffgas, noch endlich die so schnell wechselnde Dichtigkeit der atmosphärischen Luft mit völliger Genauigkeit in Rechnung genommen werden können; indefs läfst sich diese Bestimmung dennoch sowohl für die Praxis als auch zur theoretischen Beurtheilung der Sache in genäherten Werthen erhalten. Diejenige Berechnung, welche man früher zu diesem Zwecke gebrauchte, deren Resultate allerdings genügend sind, ist folgende.

Ist der Cubikinhalt eines Ballons = c, das Gewicht eines Cubikmafses, am besten eines Cubikfufses atmosphärischer Luft = a; so ist das ganze Gewicht der aus der Stelle getriebenen Luft = ac. Wiegt ein gleiches Mafs der im Ballon enthaltenen expansibelen Flüssigkeit b, die Hülle und das, was sonst mit dem Ballon verbunden ist p; so ist das Gesammtgewicht hiervon bc + p, und man erhält die Gleichung $ac - (bc + p) = k$, wobei k im Allgemeinen = 0 oder positiv oder negativ seyn kann, so dafs demnach in Gemäfsheit der statischen Gesetze der Ballon entweder schweben bleibt, oder mit seinem relativen Gewichte entweder aufsteigt, oder niedersinkt. Dafs man aus dieser Gleichung die einzelnen unbekannten Gröfsen finden könne, versteht sich von selbst. Zum Beispiel diene folgende Rechnung in genäherten Werthen. Bei dem am 1. Dec. 1783 in den Tuillerien aufgestiegenen Aërostaten war der cubische Inhalt oder c = 10000 Cub. F. Man rechnete den Cubf. Luft = 604 Gr. oder 0,08 Pfd. und es war also ac = 800 Pfd.; weil aber $\frac{1}{28}$stel des Ballons leer blieb, so war das Gewicht der statisch tragenden Luft $= ac\,(1 - \frac{1}{28}) = 800 - 28{,}5 = 771{,}5$ Pfd. Man rechnete das Wasserstoffgas nur 5,25 mal leichter, mithin war $bc = \frac{771{,}5}{5{,}25} = 147$ Pfd. Das Gewicht der Hülle, der Seile, der Gondel und der beiden Aëronauten war 604,5 Pfd., also $bc + p = 147 + 604{,}5 = 751{,}5$ Pfd., mithin $k = 771{,}5 - 751{,}5 = 20$ Pfd.

Soll die Maschine nicht steigen, oder k = 0 seyn; so ist $ac - (bc + p) = 0$ also $ac = bc + p$ und $ac - bc = p$ oder $(a - b)\,c = p$, woraus $c = \frac{p}{a-b}$ folgt. Ist nun die Fläche der Hülle in Quadratfufs = s, das Gewicht eines Quadratfufses derselben = q und soll die Maschine keine weitere Last tragen; so kann man $p = sq$ setzen, woraus $c = \frac{sq}{a-b}$, und $\frac{c}{s} = \frac{q}{a-b}$ oder auch $\frac{6c}{s} = \frac{6q}{a-b}$ folgt. Es ist aber, wenn d den Durchmesser einer Kugel und die Seite eines Würfels bedeutet, der Inhalt der ersteren $J = \frac{1}{6}d^3\pi$ die Oberfläche $O = d^2\pi$; beim letzteren aber $J = d^3$; $O = 6d^2$. Wenn man daher bei beiden den sechsfachen Inhalt durch die Oberfläche dividirt, so erhält man den Durch-

messer oder die Seite der Kugel und des Würfels, mithin ist nach der oben gegebenen Formel $d = \frac{6q}{a-b}$, d. h. um den Durchmesser der kleinsten Kugel oder die Seite des kleinsten Würfels zu finden, welche mit erhitzter Luft oder Wasserstoffgas gefüllt gerade schweben würden, dividire man das sechsfache Gewicht eines Quadratschuhes des anzuwendenden Stoffes durch den Unterschied des spec. Gew. eines Cub. Fuſses gemeiner Luft und der erhitzten oder des Wasserstoffgas. Nach genauester Wiegung ist das Gewicht von einem Quad. F. des dünnsten und völlig trocknen Schafhäutchens 18,16 Gr. Nehmen wir nun für das Gewicht eines Cub. F. Luft 604 Gr. und das angewandte Wasserstoffgas zehnmal leichter, so giebt die Formel den Durchmesser der kleinsten Kugel $d = \frac{6q}{a.0,9} = \frac{60q}{9a} = \frac{108,96}{604 - 60,4} = 0,2004$ F. oder 2,4048 Z. Nehmen wir das Gewicht eines par. Cub. F. Wasser = 1170,5 Unzen[1], das spec. Gew. des Platin = 20 und hiervon Blech von 0,05 Lin. dick; so würde ein Quad. F. desselben 3901,66... Gr. wiegen, und der Durchmesser der kleinsten, hieraus verfertigten Kugel 43,5 F. haben müssen, um in der Luft zu schweben.[2] Nehmen wir an, daſs ein Ballon durch erhitzte Luft steigen soll, und daſs die Ausdehnung derselben durch die Erhitzung 0,3 beträgt, so verwandelt sich die angegebene Formel in $d = \frac{6q}{a - 0,7a} = \frac{6q}{a.0,3} = \frac{60q}{3.a}$. Indem nun der Durchmesser der kleinsten Kugel mit Wasserstoffgas $d = \frac{60q}{9a}$ ist, so muſs bei Voraussetzung der Genauigkeit der angegebenen Gröſsen der Durchmesser der kleinsten Montgolfiere dreimal so groſs als der kleinsten Charliere seyn, wenn beide von einerlei Stoff gemacht sind.

Aus der oben gegebenen Formel $k = ac - (bc + p)$ kann man leicht die Kraft berechnen, mit welcher sowohl die Charlieren als auch die Montgolfieren aufsteigen. Es

---

1. S. *Hydrostatik.*

2. Andere und mehrere Angaben von Lichtenberg S. im gött. Mag. 3ter Jahrg. 5tes Stück.

sey zu diesem Ende $k = (a - b)\,c - p$. Nimmt man hierin $p = sq$, d. h. berechnet man blofs das Gewicht der Maschine, und zieht dieses von $(a - b)\,c$, d. h. der ganzen Steigkraft derselben ab, so mufs k als der Ueberschufs der Last, die sie noch zu heben vermag, übrig bleiben. Nimmt man hierbei an, dafs die erhitzte Luft um $\frac{1}{3}$ ihres Volumens ausgedehnt werde, das Wasserstoffgas aber $\frac{1}{7}$ des Gewichts der atmosphärischen Luft habe, so ist die Rechnung folgende. Eine Kugel habe 30 F. Durchmesser, so ist ihre Oberfläche $s = 2828$ Quadratfufs, der Inhalt $c = 14142$ Cub. F. Ist das Gewicht eines Cub. F. Luft $a = 1{,}4$ Unzen, der erhitzten Luft $b = \frac{2}{3}\,a$ des Wasserstoffgas $b = \frac{1}{7}\,a$, das Gewicht eines Quadratfufs gefirnifster Leinwand $q = 2$ Unzen, Wachstaffent $q = 0{,}75$ Unzen; so wird

1. für Montgolfieren

$c \ldots = 14142$

$a - b = 1{,}4(1 - \frac{2}{3}) = \frac{1{,}4}{3} = 0{,}466$

$c(a-b) \ldots = 6598$

$p = sq = 2828 \times 2 = 5656$

$k = 942$ Uz.

$= 59$ Pfd.

2. für Charlieren

$c \ldots = 14142$

$a - b = 1{,}4(1 - \frac{1}{7}) = \frac{6 \times 1{,}4}{7} = 1{,}2$

$c(a-b) \ldots = 16968$

$p = sq = 2828 \times 0{,}75 = 2121$

$k \ldots = 14847$ Uz.

$= 928$ Pfd.

Hiernach ist folgende Tabelle berechnet.

Durchmess. Fufs	Oberfläche Quad. F.	Inhalt Cub. F.	Steigkraft der Montg. ℔	Steigkraft der Charl.
5	78	65	— 7,8	1,2
10	314	523	— 24,0	24,5
20	1257	4190	— 35,1	255
30	2828	14142	59	928
40	5028	33723	349	2276
50	7857	65476	927	4542
60	11314	113142	1885	7955
70	15400	179666	3315	12753
80	20114	268191	5308	19546
90	25457	381857	7955	27443
100	31415	523598	11344	37796
200	125660	4188788	89012	308221

Die hier gefundene Kraft, womit die Maschine in die Höhe steigt, ist insofern zu groſs, als die bloſse Hülle, ohne auf die Ränder der Nähte, die Seile und andere Sachen Rücksicht zu nehmen, berechnet ist; auch darf keine Charliere des Platzens wegen ganz gefüllt werden, sondern muſs um einen gewissen, durch die Höhe, bis zu welcher sie sich erheben soll, zu bestimmenden Theil ihres Inhalts leer bleiben. Steigt nämlich die Charliere in die Höhe, so wird sie im Verhältniſs des verminderten Gegendrucks der äuſsern Luft mehr ausgedehnt werden, und daher ihre Steigkraft beibehalten. Sie würde sich daher unendlich hoch erheben, wenn nicht die eingeschlossene Luft durch die Hülle comprimirt würde, und die Aëronauten genöthigt wären, in groſsen Höhen zur Verhütung des Zerplatzens Gas durch die Klappe entweichen zu lassen. Diejenigen Untersuchungen daher, welche namentlich L. Euler[1] und Kramp[2] angestellt haben, um diejenige Höhe zu berechnen, in welcher ein Aërostat von gegebener Steigkraft zum Gleichgewichte kommen würde, sind aus der angegebenen Ursache nur unter der Bedingung anwendbar, wenn der Cubik-Inhalt des Ballons sich nicht mehr ändern kann, und es wird daher auch eine plötzliche Veränderung im Barometerstande bis auf diesen Punct weder eine Vermehrung noch eine Verminderung der Steigkraft eines Luftballons hervorbringen. Hieraus erklärt es sich, wie es möglich war, daſs der Luftballon des Grafen Zambeccari bei seiner ersten Reise 1803 mit groſser Gewalt auf das adriatische Meer herabfiel, und nach einigem weggeworfenen Ballast sich wieder zu unermeſslicher Höhe erhob. Dagegen macht eine Temperaturdifferenz der eingeschlossenen Luft sowohl bei einer Charliere, als auch bei einer Montgolfiere einen bedeutenden Unterschied, welcher bei der ersteren durch den bloſsen Einfluſs der Sonnenstrahlen leicht hervorgebracht wird, und allezeit statt findet, sobald der Ballon sich zu beträchtlichen Höhen erhebt, wo die äussere Luft viel kälter ist, die im Ballon befindliche

---

1 Mém. de l'Ac. 1781. p. 263.

2 S. Geschichte d. Aerost. I. Absch. 11 — 15.

aber der schlechteren Leitung wegen ihre Temperatur nicht sogleich ändert.

Nimmt man auf die unbestimmbare Differenz der Temperatur des im Ballon eingeschlossenen Gas keine Rücksicht, so läſst sich die Höhe, welche derselbe erreichen kann, berechnen, und zwar sowohl diejenige, zu welcher er gelangt, bis er ganz aufgeblasen ist, als auch diejenige, welche für die Gröſse seiner Belastung bei nicht weiter gehender Ausdehnung möglich ist. Behalten wir die obigen Bezeichnungen bei, und setzen des Gewicht eines Cub. F. Luft in gröſserer Höhe α, eines Cub. F. Wasserstoffgas ebendaselbst β, die Höhe des Barometers in par. Lin. unten H, oben h; so ist nach dem mariotteschen Gesetze $a : \alpha = b : \beta = H : h$; es wird also $a - b$ in $\frac{\alpha}{a}(a - b)$ verwandelt, und da für den Fall des Stillstehens $k = 0$ wird; so ist $p = \frac{\alpha}{a}(a - b)\, c$ und $c\,(a - b) : p = a : \alpha$ mithin auch $c\,(a - b) : p = H : h$, woraus $h = \frac{p\,H}{c(a-b)}$ wird. Ist aber h und H bekannt, so läſst sich hieraus die Höhe mit gröſserer oder geringerer Schärfe berechnen[1]. Da aber hier wegen der nicht zu bestimmenden Temperatur des Wasserstoffgas im Ballon und der zu messenden Luftschicht keine absolute Schärfe möglich ist; so genügt die Anwendung der von de Lüc gegebenen Formel vollkommen, wonach die Höhe $x = 10000^t \log. \frac{H}{h}$ oder die obige Gröſse substituirt $x = 10000^t \log. H - \log. \frac{p\,H}{c(a-b)}$ gefunden wird. Ist also ein Ballon zu 0,9 seines Inhalts gefüllt, so wird er so lange steigen können, bis $a : \alpha = H : h$ also bis $h = H\frac{\alpha}{a}$ wird, also $x = 10000^t \log. H - \log. H\frac{\alpha}{a}$ ist. Im vorliegenden Falle ist $H = 336$ Lin.; $a = 1$; $\alpha = 0{,}9$ mithin $h = 336\frac{0{,}9}{1} = 302{,}4$ also $x = 457{,}^t7$ oder 2746,2 F. Die absolute Höhe aber zu finden, diene folgendes Beispiel. Der Ballon, womit Charles den 1sten Dec. 1783 aufstieg, wog mit der Last 438 Pfd.

---

1 S. *Höhenmessungen, barometrische.*

$= p$; die Luft welche er aus der Stelle trieb $= ca$, wog 800 Pfd.; das Gewicht des Wasserstoffgas wurde 5,25 mal leichter angenommen, und es war also $a:b = 5,25 : 1 = 21 : 4.$, mithin $c\,(a - b) = 800 - \frac{4}{21} . 800 = 648$; das Barometer stand beim Aufsteigen auf 340 Lin., mithin war $h = \frac{438.340}{648} = 229,8$, und somit die Höhe, bis zu welcher der Ballon gelangen konnte $= 1701^t$ oder 10206 F.[1].

Man hat es schon früh vortheilhaft gefunden, zur sicherern Lenkung der Aërostaten[2] beide Arten derselben zu verbinden, und solche Maschinen *Carolo-Montgolfieren* genannt. Zur deutlichern Uebersicht der Construction und des Gewichtes derselben mögen daher hier die Dimensionen einer solchen, vorzüglich gut gebaueten Maschine dienen, wie sie der Graf Zambeccari 1803 zu Bologna ausführen liefs. Der Luftballon, oder die Charliere hatte 39′ 9″ Durchmesser, und war unten mit zwei Schläuchen zum Füllen versehen. Ueber der oberen Hälfte lag ein starkes Netz von 128 Maschen, und lief von der Mitte aus durch vier kleinere Reihen vermindernd herab, bis sich die letzten in 16 Puncten endigten, an denen eben so viele Stricke hingen, und sich unten in einen 4,25 F. weiten Ring endigten. In dem zwischen ihnen befindlichen konischen Raume war die Montgolfiere angebracht, eine Art Sack, gleichfalls aus Seidenzeug, welcher am Boden 22,6 F. Durchmesser und 15,9 F. Höhe hatte. Von einem Flaschenzuge unten am Ballon ging eine Kette durch den Boden der Montgolfiere, und trug eine an drei Armen hängende Weingeistlampe in Gestalt eines Ringes von 1 F. innerem Durchmesser mit 32 Klappen, wodurch eben so viele Flammen ausgelöscht oder entzündet werden konnten. Sie fafste 24 Pfd. Weingeist, und konnte heraufgezogen und herabgelassen werden. Am Ringe unter der Montgolfiere war die Galerie für die Aëronauten angebracht, aus drei starken Reifen von Buchenholz, welche durch 16 gleich weit entfernte Stricke

---

1 Eine ähnliche Formel, und eine grofse Menge damit angestellter Berechnungen der Luftfahrt Garnerin's in Berlin von Gilbert findet sich Ann. XVI. 180.

2 S. *Aëronautik.*

an einander befestigt waren. Der unterste Reifen war doppelt, und trug ein Gitter von zolldicken Stäben als Boden, in welchem ein 21 Z. weiter, nachher mit einem Netze bedeckter Ausschnitt zum Einsteigen gelassen war. Das Gewicht dieses und der mitgenommenen Sachen betrug in Pfunden des Ballons nebst Schläuchen zum Füllen — 125

Netze und Stricke — — — —	40
Montgolfiere — — — — —	33
Gallerie mit Stricken und Netzen — —	85
Lampe, Kette und Flaschenzug — — —	24
Zwei Ruder mit Zubehör — — —	14
Alle übrigen Instrumente und Geräthschaften —	252
45 Maſs Weingeist nebst Flaschen — —	69
Lebensmittel sammt Gefäſsen — — —	120
Die drei oder 4 Aëronauten — — —	700
Deren Kleider — — — — —	22
Ballast — — — — — —	500
Gesammte Belastung — — Pfd.	1984

Um hiermit die Steigkraft in genähertem Werthe zu vergleichen, darf man annehmen, der Ballon habe die Kugelform gehabt, in welchem Falle sein Inhalt völlig aufgeblasen 32796 Cub. F. betrug. Man kann ferner das Gewicht eines Cub. F. atmosphärische Luft bei 28″Bar. und 10° R. zu 0,086263 Pfd. annehmen, dann betrug das Gewicht eines gleichen Volumens Luft 2829,2 Pfd. und für das Gewicht des Wasserstoffgas 0,2 abgerechnet, bleiben 2263,4 Pfd. Blieb dann $\frac{1}{9}$ des Ballons unaufgeblasen, so betrug dieses 251,4 Pfd. welche abgezogen die gesammte Tragkraft zu 2012 Pfd. also einen Ueberschuſs über die Belastung von 28 Pfd. gaben.

Oft wird die Frage aufgeworfen, wie groſs ein Ballon seyn müsse, um eine gegebene Last zu tragen. Obgleich dieses aus den vorhergegebenen Formeln berechnet werden kann, so wird doch folgende Betrachtung noch zu verschiedenen interessanten Bestimmungen und zur leichteren Uebersicht des Ganzen führen. Wenn wir annehmen, daſs der vom Grafen Zambeccari benutzte Ballon in genügender Vollkommenheit verfertigt war, so läſst sich seine absolute Tragkraft zu 2000 Pfd. festsetzen. Indem diese dem Inhalte,

letzterer aber dem Cubus des Durchmessers = D proportional ist; so würde die absolute Tragkraft eines gegebenen Ballons $k = 2000 \left(\frac{D}{39,75}\right)^3$ Pfd. $= 0,031843\ D^3$ Pfd. seyn, wenn der Durchmesser = D in par. Fuſs gegeben ist. Die Hülle, das Netz, die Gallerie auch die Montgolfiere, wenn die letztere die Tragkraft nicht eigentlich vermehren, sondern bloſs die lothrechte Bewegung bedingen soll, nebst Lampe und Weingeist wogen zusammen 307 Pfd, statt dessen wir 300 annehmen wollen. Man kann in genähertem Werthe annehmen, daſs diese der Oberfläche, mithin dem Quadrate der Durchmesser proportional sind, also $300 \left(\frac{D}{39,75}\right)^2 = 0,18983\ D^2$ Pfd. und da sie von der vorigen Gröſse abzuziehen sind; so wäre für pariser Fuſs- und Pfund-Maſs die Tragkraft eines gegebenen Ballons $k = 0,031843\ D^3 - 0,18983\ D^2$, wonach andere in genähertem Werthe verglichen werden können.

Ein wesentliches Hinderniſs der Benutzung aërostatischer Maschinen liegt in der Vergänglichkeit und Durchdringlichkeit der bis jetzt dazu verwandten Stoffe, namentlich des Wachstaffents, welcher, vorzüglich wenn er feucht wird, nach Davy's Erfahrung[1] die atmosphärische Luft eindringen läſst, und so groſs auch die Tragkraft der Aërostaten von nicht übermäſsigem Durchmesser nach der mitgetheilten Uebersicht sich ergiebt, so läſst sich doch kein wesentlicher Nutzen von denselben erwarten, wenn nicht ein Stoff aufgefunden wird, welcher das Wasserstoffgas bleibend in sich erhält, und dem veränderlichen Luftdrucke in ungleichen Höhen entweder widersteht oder durch Veränderung seiner Form nachgiebt[2]. So weit unsere Kenntnisse bis jetzt reichen, bietet sich keine andere Substanz dar, welche diese Bedingungen, wenigstens die erstere, zu erfüllen vermöchte, auſser Metall, und es mag daher folgende Berechnung der Gröſse und Tragkraft kugelförmiger Aërostaten aus Platin, als dem schwersten Metalle hier Platz finden, wobei die obige Bezeichnung beibehalten, die Dicke des Platinbleches

1 S. G. XIX. 315.
2 Prechtl bei G. XXIII. 175.

aber 0,05 Lin., sein spec. Gew. = 20, das spec. Gew. des Wasserstoffgas = 0,1 gegen Luft als Einheit, das absolute Gewicht der letzteren aber, der Cubikfuſs = 0,086263 Pfd. angenommen ist.

Durchm. in Fuſs	Oberfläche in Q. F.	Inhalt in C. F	Tragkraft in Pfunden.
30	2828	14142	—338
40	5028	33723	64
50	7857	65476	1092
60	11314	113142	3036
70	15400	179666	6126
80	20114	268191	10218
90	25457	381857	16714
100	31415	523598	24692
200	125660	4188788	325204

Indem nun ein Ballon von der gröſsten hier angegebenen Dimension, nämlich von 200 Fuſs Durchmesser keineswegs die Grenzen der Möglichkeit einer wirklichen Ausführung erreicht, statt des so schweren Platin aber das viel leichtere Kupfer genommen werden könnte, welches auch gehämmert noch nicht halb so schwer ist, als Platin, und daher, um die Berechnung beizubehalten, von doppelter Stärke seyn dürfte, die groſse Tragkraft aber ergiebt, daſs mehrere Aëronauten in einem solchen Ballon mit allen erforderlichen Gegenständen der Bequemlichkeit versehen werden könnten, um auf weiten Reisen keinem Mangel und keinen sonstigen Verlegenheiten ausgesetzt zu seyn; wenn man endlich aber die groſse Geschwindigkeit berücksichtigt, womit die Luftballons sich auch nur bei mäſsigem Winde bewegen, wobei Umwege von 50 bis 100 Meilen kaum in Betrachtung kommen[1]; so ergiebt sich aus diesem allen, daſs die Aëronautik allerdings noch einer groſsen Ausbildung und Erweiterung fähig ist, und für weite und schnelle Reisen ein unglaubliches Hülfsmittel darbietet. Ob es aber dem menschlichen Scharfsinne jemals gelingen wird, auch die zweite angegebene Schwierigkeit zu überwinden, und einen Mechanismus auszudenken, wodurch der Ballon für den wechselnden Luft-

1 S. *Aëronautik.*

druck theils bei Barometerveränderungen, theils für ungleiche Höhen, ohne zu zerreifsen oder ohne zerdrückt zu werden, seinen Umfang ändern kann, mufs der Zukunft überlassen bleiben. *M.*

Aërostatik.

Aërostatica; Aérostatique; Aerostation, bezeichnet die Statik der Luft, oder die Gesetze des Gleichgewichts aller expansibelen Flüssigkeiten, welche in nächster Beziehung auf die atmosphärische Luft deswegen nachgewiesen werden, weil man diese früher für die einzige expansibele Flüssigkeit hielt. Insofern die Luft schwer und flüssig ist, müssen sich alle diejenigen statischen Gesetze auf sie anwenden lassen, welche aus Theorie und Erfahrung für tropfbare Flüssigkeiten aufgestellt sind. Diesemnach folgt also

1. dafs die Luft, wenn man die Bewegungen derselben nicht berücksichtigt, eine mit dem Niveau des Meeres parallel laufende, ellipsoidisch gekrümmte Oberfläche haben müfste, wobei jedoch nach den Gesetzen der Schwungbewegung eine gröfsere Excentricität unter dem Aequator aus der Axendrehung der Erde folgt. Weil indefs der Luft neben der Schwere und Flüssigkeit auch die Eigenschaft der Expansibilität zukommt, so ist es unmöglich, die Grenze der Luft[1] zu erreichen, und auf diese Weise die Richtigkeit der Sache zu prüfen. Inzwischen folgt aus dem angegebenen Gesetze so viel, dafs mit Rücksicht auf die Compressibilität der Luft, ohne den Einflufs partieller Bewegungen und der unter dem Aequator geringeren Schwere an den verschiedensten Orten in gleicher Höhe über der Meeresfläche ein gleicher Druck derselben statt findet. Gleichzeitige Barometer-Beobachtungen an Orten, welche selbst in gröfserer Entfernung liegen, bestätigen dieses[2].
2. Die Luft, als schwere Flüssigkeit, mufs gegen alle Körper einen Druck ausüben, welcher dem Gewichte einer Luftsäule von der durch die gedrückte Fläche gegebenen Basis und der Höhe bis an die Grenze der Atmosphäre gleich ist. Dieser Gegendruck wird daher das Ausfliefsen aller

1 S. *Atmosphäre*, Höhe derselben.

2 S. *Barometer*.

Flüssigkeiten aus Gefäſsen jeder Art hindern, so lange der statische Druck der Flüssigkeit geringer ist, als der Gegendruck der Luft, und die letztere gehindert wird, als specifisch leichter auf die Oberfläche der ersteren zu gelangen. Im Allgemeinen läſst sich die Richtigkeit dieser Folgerungen in der Erfahrung nachweisen am *Stechheber*, und den vielen zur Erläuterung dieser Sätze dienenden, nur in der Form vom Stechheber verschiedenen, Apparaten, als dem *Zaubertrichter*, der *Zauberkanne*, und dem ihr ähnlichen Oelkruge der Wittwe zu Zarpath, dem *Zauberbrunnen* und dem *Siebe der Vestalinnen*, welche an ihrem Orte beschrieben sind. Auch die Nothwendigkeit einer Oeffnung im Spunte der Fässer, im Deckel der Kannen, das Nichtausflieſsen der Flüssigkeiten aus Gläsern mit enger Oeffnung, z. B. des Oeles aus verschiedenen Lampen, der Dinte aus den künstlichen Schreibfedern und den sogenannten Patent-Dintefässern, die Erscheinungen des *Hebers* und viele andere mehr oder minder nützliche Vorrichtungen lassen sich auf dieses Gesetz zurückführen.

Um den sowohl von oben als von unten und auch seitwärts wirkenden Luftdruck anschaulich zu machen, construirte schon Mariotte[1] ein sinnreich ausgedachtes Werkzeug. In der einfachsten Gestalt desselben nimmt man eine Glasröhre AB, versieht diese inwendig in der Mitte mit einem Korke, durch welchen die beiden kleinen Röhrchen α und β gehen. Die Röhre wird mit einer beliebigen Flüssigkeit gefüllt, am offenen Ende gleichfalls zugeblasen und mit einem Ohre zum Aufhängen versehen. Befindet sich die Flüssigkeit, wie in der Zeichnung, im unteren Ende, so kehrt man die Röhre um, die Flüssigkeit wird durch das Röhrchen α herabflieſsen, zugleich aber die Luft durch das Röhrchen β entweichen, und so lange letzteres nicht geschieht, kann auch das Erstere nicht erfolgen. Instructiver ist folgende Einrichtung. Das gläserne Gefäſs AB wird seitwärts mit einem kleinen Löchelchen o durchbohrt, und mit einer an beiden Seiten offenen, in einem Korke verschiebbaren Glasröhre versehen. Das Wasser, womit das ganze Gefäſs und die

Fig. 39.

Fig. 40.

1 Traité du mouvement des eaux. p. 93.

Röhre gefüllt ist, wird nicht aus der Oeffnung o fliefsen, so lange man das obere Ende der Röhre mit dem Finger verschlossen hält. Oeffnet man dieses aber, so wird das Wasser in der Röhre herabsinken und durch die Oeffnung o abfliefsen, bis die Höhe a n, um welche das Wasser im Gefäfse höher steht, als in der Röhre, der Höhe n d, um welche es in der letzteren niedriger steht, gleich ist. Das Wasser sucht nämlich den Widerstand der äufseren, gegen o drückenden Luft mit einer Kraft = a n zu überwinden, wiederum mufs aber die Luft, um in das Gefäfs einzudringen, die Wassersäule n d niederdrücken, und das Gleichgewicht wird also hergestellt seyn, wenn a n = n d. Zieht man die Röhre in die Höhe, so wird wieder Wasser bis zu dem angegebenen Verhältnisse abfliefsen. Versieht man daher die cylindrische Röhre AB mit einer oberen und unteren Fassung, die letztere mit einer engen Ausflufsröhre, so würde das Wasser der gleichen Abtheilungen α, β, γ . . . mit verminderter Geschwindigkeit abfliefsen[1]. Wird aber die enge Röhre d e durch die obere Fassung e so gesteckt, dafs sie bis nahe an den Boden reicht, so werden alle Abtheilungen in gleichen Zeiten leer werden, und man hat hierdurch also ein Mittel, bei abnehmendem Wasserspiegel einen stets gleichmäfsigen Ausflufs zu erhalten. Setzt man ein solches Gefäfs a b auf ein anderes AB mit Gas gefülltes, öffnet dann zu gleicher Zeit die Oeffnung o und den Hahn z, so wird aus dem Gefäfse AB so viele Luft ausströmen, als durch das einströmende Wasser vertrieben wird, und man hat somit einen gleichmäfsig starken Gasstrom. Dafs man die Gröfse der Gefäfse willkührlich abändern, für einen stärkeren Zuflufs von Wasser die Ausflufsröhre des Gefäfses a b umbiegen, diese und die obere Luftröhre bei o mit Hähnen, das obere Gefäfs aber mit einem Trichter zum Einfüllen des Wassers versehen könne, bedarf keiner näheren Anzeige[2]. Um das Gefäfs AB bequem mit Gas zu füllen, bringt man an der unteren Seite desselben die Ausgufsröhre w an, oben aber die ge-

Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.

1 S. *Hydraulik*.

2 S. *Gasometer*.

bogene, bis auf den Boden des Gefäfses herabgehende Röhre hl, deren anderes Ende mit einem Schlauche, oder einem Trichter M versehen seyn kann, um das Gas aufzunehmen, womit sich das Gefäfs füllen wird, sobald man die Hähne h und w öffnet.

Die absolute Stärke des Luftdruckes gegen eine gegebene Fläche müfste nach statischen Gesetzen aus dem spec. Gew. der Luft, der Höhe der Säule und dem Inhalte der Fläche bestimmt werden. Allein unter diesen drei bedingenden Gröfsen kann im Allgemeinen nur eine bekannt seyn, nämlich der Inhalt der Fläche; von den beiden andern aber ist die eine, nämlich die Höhe der Luftsäule bis jetzt noch nicht genau bestimmt, vielleicht überhaupt nicht bestimmbar, die andere aber, nämlich das spec. Gew. unterliegt nicht blofs der Correction, wegen der Ausdehnung der Luft durch die Wärme, welche bei allen Körpern in Betrachtung kommt, sondern auch einer eigenthümlichen wegen ihrer Dichtigkeit als Folge der Zusammendrückung. Hiernach läfst sich also der statische Druck der Luft auf dem gewöhnlichen directen Wege nicht ausmitteln, und wir würden denselben gar nicht zu bestimmen vermögen, liefse er sich nicht aus dem gleichen und genau mefsbaren Drucke tropfbarer Flüssigkeiten nach dem Gesetze des Standes derselben in communicirenden Röhren entnehmen. Am geeignetsten hierzu ist das Quecksilber, und die Theorie des Barometers[1] ergiebt, dafs der jedesmalige statische Luftdruck dem Drucke der Quecksilbersäule im Barometer gleich sey. Ist also die Basis eines Cylinders irgend einer gegebenen Flüssigkeit $= r^2\pi$, seine Höhe $= h$, das Gewicht der Einheit $= f$; so ist allgemein der Druck derselben, und somit auch bei der Luft $P = r^2\pi h f$. Am leichtesten erhält man diese Gröfse in voller Genauigkeit durch das Barometer, und weil die ganze, den Erdball umgebende Atmosphäre diesen Druck ausübt, so nennt man ihn den Druck oder das Gewicht *einer Atmosphäre*. Es ist im Allgemeinen unnöthig, diese Gröfse in absoluter Genauigkeit anzugeben, und folgende Bestimmungen sind sicher genügend. Nach Gren[2] wiegt ein par. Cub. F. Queck-

1 S. *Barometer*.

2 S. Grundrifs d. Naturlehre, Halle 1797. §. 580.

silber nahe 950 par. Pfund. Setzt man also die Länge der Quecksilbersäule $= 2\frac{1}{3}$ F., so beträgt der Druck einer Atmosphäre gegen einen Quadratfuſs Fläche $2216\frac{2}{3}$ Pfund.

Nach Bohnenberger[1] wiegt ein par. Cub. F. Regenwasser 73 Pfd. 5 Lt. 0 Qt. 44 Gr. Cöln., wofür 73 Pfd. gesetzt werden können. Das spec. Gew. des Quecksilbers ist nach Klaproth = 13,6, mithin drückt die Luft bei 28 Z. Barometerhöhe gegen einen par. Quadratfuſs Fläche mit $73 \times 13,6 \times 2\frac{1}{3} = 2316,53$ Pfd. Rechnet man die Oberfläche des menschlichen Körpers zu 15 Quad. F., so beträgt der Druck dagegen 34747,95 Pfd. und der Unterschied von einem Zoll im Stande des Barometers giebt eine Veränderung des Druckes von 1241 Pfd. Nach der für Preuſsen geltenden Normalbestimmung[2] wiegt ein rheinl. Cub. Fuſs Regenwasser bei 14° R. 64,8 Pfd. Da nun das Verhältniſs des rhein. Fuſses: par. F. = 139,13 : 144 ist, so beträgt der Luftdruck gegen einen rheinl. Quadratfuſs $2\frac{1}{3} \times \frac{144}{139,13} \times 13,6 \times 64,8$ Pfd. = 2128 Pfd. Markgewicht. Nach der französischen Bestimmung wird der *mittlere Barometerstand* zu $0^m,76$ angenommen. Indem nun ein Litre einem Cubikdecimeter gleich ist, und dieses Normalmaſs reines Wasser bei 4° C. 1000 Gramm oder ein Kilogramm wiegt, das sp. G. des Quecksilbers aber 13,568 bestimmt ist; so beträgt der Luftdruck gegen eine Fläche von einem Quadratdecimeter (nahe 3,7 Z.) $13,568 \times 7,6 = 103,1168$ Kilogramm. Hieraus läſst sich der bei wechselnden Barometerständen veränderliche Luftdruck leicht berechnen. Ist nämlich der angegebene Druck gegen eine gegebene Fläche = P, der corrigirte = P', die für die Temperatur corrigirte Barometerhöhe = h'; so ist $P' = P\frac{h'}{28\,Z.}$ oder $= P\frac{h'}{0^m,76}$; ist aber der Luftdruck gegen eine Fläche vom Inhalte = q zu finden, der Druck gegen eine Normalfläche, wie oben (ein Quad. F. oder ein Quad. Decim.) = Q durch den Ausdruck

---

1 S. *Tübinger Blätter*. I. 51.

2 S. Eytelwein Vergleichung der in d. Preuſs. Staaten eingeführten Maſse und Gewichte. Berl. 1798.

P', gegeben, so ist der gesuchte Druck $= P \frac{q}{Q}$, wobei q und Q in gleichem Flächenmaſse auszudrücken sind.

Indem der Druck der Luft nach dem Mariotteschen Gesetze ihrer Elasticität, diese aber ihrer Dichtigkeit direct proportional ist, so läſst sich dieser statische Druck durch Zusammendrückung auf gleiche Weise vermehren, als der Druck des Wassers durch Vergröſserung der Höhe der Wassersäule. Wenn man daher im follis hydrostaticus von s'Gravesande, anstatt Wasser hineinzugieſsen, die Luft comprimirt, so wird sich ein gleicher Erfolg zeigen, und man kann durch dieses Mittel gleichfalls schwere Lasten in die Höhe heben. Vermittelst des Blasens mit dem Munde vermag der Mensch leicht eine Compression der Luft bis mindestens zu 1,5 ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit hervorzubringen. Beträgt daher die Fläche eines solchen hydrostatischen follis einen par. Quadratfuſs, so wird man im Stande seyn, durch Aufblasen desselben 1320 Pfd. zu heben, und es läſst sich daher mit Recht behaupten, man könne mehrere Centner in die Höhe blasen. Nach diesem Principe ist der *follis aërostaticus* construirt, welchen ich zur Erläuterung des mit der Fläche wachsenden Luftdruckes angegeben habe[1]. Fig. 44. In dem gläsernen Gefäſse A mit zwei Oeffnungen befindet sich etwas Quecksilber, um das Entweichen der Luft durch die Röhre C zu hindern, welche vermittelst eines Korkes in die eine Oeffnung luftdicht gesteckt ist. Ueber die andere Oeffnung ist eine groſse Rindsblase B festgebunden und aufgeblasen. Man kann dann vergleichend messen, wie hoch man durch Saugen an der oberen Mündung der Röhre, oder durch mechanischen Druck gegen die Blase das Quecksilber in der Röhre zu heben vermag.

Der sehr bedeutende, durch die Formel $P' = P \frac{h'}{28\ Z.}$ bezeichnete Luftdruck muſs eben wie der hydrostatische Druck tropfbarer Flüssigkeiten gegen alle Körper ausgeübt werden. Daſs derselbe gewöhnlich nicht wahrgenommen wird, folgt sehr einfach daraus, weil er überall gegen Körper gerichtet ist, welche als feste oder tropfbar flüssige we-

1 Munke Anfangsgründe der Naturlehre. I. 75.

nig zusammengedrückt werden können, außerdem in ihren Zwischenräumen mit gleich dichter Luft erfüllt sind, und in dem Luftmeere gleichsam schwimmen. Wenn dieser Druck dagegen nur einseitig statt findet, sey es nun, daſs der Gegendruck gegen Gefäſse mit eingeschlossener Luft von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft aufgehoben, oder die Luft aus den Gefäſsen weggenommen wird, so zeigt sich die Wirkung desselben augenblicklich. Hieraus erklärt sich das Anschwellen einer Blase unter einer exantlirten Campane, welche dann selbst schwere Gewichte zu heben vermag. Der hierzu geeignete Apparat besteht aus einer hölzernen Büchse aa, mit einem hohlen und locker in demselben beweglichen Deckel *αα*, in welchem die halb aufgeblasene Thierblase *β* liegt. Im Deckel ist ein Stift d befestigt, auf welchen die Bleischeiben cc, cc, cc.... gesteckt sind, und durch ihr Gewicht den Deckel niederdrücken. Stürzt man über diesen Apparat auf den Teller der Luftpumpe eine Campane, und exantlirt, so dehnt sich die Blase aus, und hebt den Deckel zusamt den Gewichten in die Höhe. Der Luftdruck zeigt sich ferner durch das Zersprengen einer Glasscheibe, welche man auf einen metallenen oder gläsernen Ring legt, oder einer Thierblase, welche man über denselben bindet, vorausgesetzt, daſs beide nicht zu stark sind, um den einfachen Druck der Atmosphäre auszuhalten, wenn man die Luft aus dem Ringe wegnimmt; am genauesten aber durch die seit Otto von Guericke, dem berühmten Erfinder der Luftpumpe, so bekannt gewordenen *magdeburgischen Halbkugeln*, wodurch derselbe schon 1654 in Regensburg in Gegenwart des Kaisers Ferdinand des Dritten und der versammelten Groſsen des Reichs die Aufmerksamkeit auf sein eben erfundenes Werkzeug rege machte. Seine Halbkugeln, nach der Art gemacht, wie man dieselben noch jetzt in allen Cabinetten findet, waren von Kupfer, und wurden durch ein zwischengelegtes, mit Wachs und Terpentinöl getränktes Leder zu einer ganzen Kugel vereinigt [1]. Nachdem dann

Fig. 45.

Fig. 46.

1 Statt ein solches Leder anzuwenden, pflegt man jetzt die Ränder aa; a'a' auf einander zu schleifen, und mit etwas Pomade zu vereinigen.

vermittelst des Canals d und des sie verschliefsenden Hahns e die innere Luft mit der Luftpumpe herausgezogen und die Oeffnung wieder verschlossen war, drückte die äufsere Luft gegen die beiden Halbkugelflächen mit solcher Gewalt, dafs 16 Pferde sie nur mit Mühe auseinander rissen, welches allezeit mit einem heftigen Knalle erfolgte. Oeffnete man dagegen den Hahn, so dafs die in das Innere eindringende Luft den einseitigen Gegendruck der Atmosphäre aufhob, so konnten dieselben ohne Mühe getrennt werden. Die ersten Halbkugeln hatten 0,67 magdeburger Ellen im Durchmesser, und Otto von Guericke berechnete den Druck gegen jede Hemisphäre zu 2686 Pfd., welches aber zu viel ist, weil er den Luftdruck einer Wassersäule von 20 Ellen Höhe gleich setzte, da er doch im Mittel nur $13{,}6 \times 28$ Z. $= 31{,}7$ p. F. hoch angenommen werden kann, wenn man ein vollkommenes Vacuum voraussetzt; auch gäben 2686 Pfd. für jedes Pferd eine im horizontalen Zuge zu überwindende Last von 336 Pfd., statt dafs man im Mittel nur 200 Pfd. annimmt. Der Erfinder liefs nachher gröfsere Halbkugeln machen, eine ganze Elle im Durchmesser, welche von 24 — 30 Pferden nicht auseinander gerissen wurden, die kleineren aber hing er mit vielen Gewichten beschwert in seinem Hofe auf [1].

Der jedesmalige Luftdruck gegen Halbkugeln von gegebenem Durchmesser läfst sich leicht berechnen. Ist nämlich der oben für einen Quadratfufs gefundene Druck von 2316,5 Pfd. $= P$, die jedesmalige corrigirte Barometerhöhe in Zollen $= h'$, die Normalhöhe des Barometers $= H$, der Halbmesser einer Kugel, deren Durchschnitt eine Fläche von einem Quadratfufs giebt $= R = 0{,}56419$ F., der Halbmesser der gegebenen Kugel $= r$, der Unterschied des Guerickschen Vacuums und des Torricellischen in Linien $= \delta$; so ist das Gewicht gegen die eine Seite der gegebenen Halbkugeln $P' = \frac{r^2}{R^2} P \frac{h'}{H}\left(1 - \frac{\delta}{336}\right)$. Dafs übrigens der Druck der Luft in Zimmern und überhaupt in allen nicht luftdicht verschlossenen, mithin das Einströmen der Luft

1 S. Ottonis de Guericke Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio. Amst. 1672. fol. III. 23.

nicht hindernden, Räumen eben so stark sey, als im Freien, folgt ganz nothwendig aus den hydrostatischen Gesetzen, wie sie für das Verhalten tropfbarer Flüssigkeiten in communicirenden Röhren nachgewiesen werden. Es ist demnach ganz gleich, ob man ein Barometer im Zimmer oder im Freien aufhängt. Auf gleiche Weise bewirkt der Luftdruck das Aufsteigen tropfbarer Flüssigkeiten in Röhren und Gefäfsen, wenn in ihnen die Luft verdünnt oder ganz weggenommen wird. Der statische Druck der äufsern Luft ist also die bewegende Ursache, welche die Schröpfköpfe festsitzen macht, das Saugen sowohl vermittelst des Mundes als auch vermittelst der Pumpen erklärt, das Wasser in ein luftleeres Gefäfs treibt, sein Aufsteigen in der Mayerschen Röhre und, im Hygroklinax bewirkt u. dgl. m.

Fig. 47. Wenn man ein hohes, nicht weites gläsernes Gefäfs A inwendig mit einem Spritzenrohre b versieht, dasselbe luftleer macht, und dann unter Wasser den Hahn h eröffnet, so wird in Innern eine *Fontaine* entstehen. Die gröfste Sprunghöhe, welche auf diese Weise erreicht werden kann, findet sich, wenn man berücksichtigt, dafs nach den oben erläuterten Gesetzen der Luftdruck einer Wassersäule von nahe 32 F. gleich ist, und es wird also eine Sprunghöhe herauskommen, welche der durch eine 32 F. hohe Wassersäule hervorgebrachten gleich ist. Nach den hydraulischen Untersuchungen ergiebt sich, dafs für eine Fallhöhe des Wassers $= H$ die Sprunghöhe $h = -100 + \sqrt{133 H + 10000}$ ist, welches in diesem Falle 19,4 F. gäbe[1]. Allein es ist hierbei zu berücksichtigen, dafs der Strahl einerseits keinen Widerstand der Luft leidet, andererseits aber die Formel die günstigsten Verhältnisse der Ausgufsröhren voraussetzt. Inzwischen ist die Sache für eine genauere Untersuchung hier nicht wichtig genug.

Fig. 48. Die von J. T. Mayer zuerst angegebene, durch v. Yelin[2] beschriebene Mayersche Röhre ist in ihrer einfachsten Gestalt eine an beiden Enden offene Röhre cd, welche man

---

1 S. *Hydraulik*.

2 S. Experimentalphysik §. 211. J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre §. 302.

oben statt eines Ventiles mit dem Finger verschliefsen kann. Bequemer ist es, ein Klappenventil a anzubringen, und dessen zu weites Oeffnen durch einen Haken zu verhindern. Wenn man dieselbe dann mit dem unteren offenen Ende in ein Gefäfs mit Wasser taucht, und abwechselnd schnell in die Höhe hebt und niedersenkt, so wird der in derselben eingeschlossene Wassercylinder durch die erhaltene Bewegung emporsteigen, die darüber befindliche Luft durch das Ventil stofsen, und indem er selbst durch den Gegendruck der Luft am Herabfallen gehindert wird, durch das geöffnete Ventil dringen. Bis jetzt hat man von diesem einfachen Apparate noch keinen Gebrauch gemacht, es ist aber fraglich, ob die Vorrichtung nicht praktisch benutzt werden könnte.

Der oben angegebene statische Druck *einer* Atmosphäre gegen alle Körper und namentlich auch gegen die Oberfläche des menschlichen Körpers kann geringer und stärker werden, je nachdem die Luft vermöge ihrer Expansibilität minder oder mehr zusammengedrückt ist[1]. Im Allgemeinen bedarf diese Sache keiner ausführlichen Erörterung, indem nach der obigen Bezeichnung der veränderliche Druck $P' = P\frac{h}{H}$ ist, und es hat in dieser Hinsicht hauptsächlich nur die Frage über den Einflufs desselben auf den menschlichen und thierischen Organismus ein höheres Interesse. Diejenige Veränderung des Luftdruckes, welche eine Folge des veränderlichen Barometerstandes ist, hat wahrscheinlich gar keinen Einflufs auf die thierische Oekonomie, indem Menschen und Thiere in so verschiedenen Höhen über der Meeresfläche ohne merklichen Unterschied gedeihen, als die Gröfse der Veränderungen des Barometerstandes umfafst; und wenn unter mittleren Breiten das Gefühl eines besseren Befindens bei höherem Barometerstande statt findet, so ist dieses vermuthlich eine Folge des gleichzeitigen heiteren Wetters und der leichteren Hautausdünstung. Ueber den Einflufs eines stärkeren Luftdruckes auf den Organismus lebender Wesen haben wir fast gar keine Versuche, weil eine gröfsere Zusammendrückung nicht füglich anders, als

---

1 S. *Luft*.

in abgeschlossenen Räumen bewerkstelligt werden kann, dann aber die Resultate nicht rein sind, indem zugleich die Veränderung des Mischungsverhältnisses der Luft durch die Respiration hauptsächlich in Betracht kommt. Die Versuche ACHARD's[1] sind daher nichts beweisend, um so mehr als eingesperrte kleine Thiere stets in eine Unruhe versetzt werden, welche alle genaue Beobachtungen unmöglich macht. Um so schätzbarer, als einzig in ihrer Art, sind dagegen diejenigen, welche JOHN ROEBUCK mit einem Secretäre in dem Windgewölbe des devonshirer Hohofens anstellte, ohne daſs jedoch hierbei der Grad der Verdichtung bemerkt ist[2]. Beide eingeschlossene Personen empfanden sogleich beim Anfange des verstärkten Luftdruckes einen Druck gegen das Trommelfell der Ohren, welcher nicht wieder nachlieſs; das Athmen zeigte keine Veränderung, der Schall war ausnehmend verstärkt, und überhaupt verspürten beide keine Einwirkung auf ihren Lebensproceſs durch einen Aufenthalt von einer Stunde in der verdichteten Luft. Aehnliche Resultate geben die Beobachtungen verschiedener Personen unter der *Taucherglocke*[3], indem bei einer Verdichtung bis zum zwei, auch dreifachen atmosphärischen Luftdrucke bloſs das schmerzhafte Gefühl eines Druckes gegen die äuſsere, oder beim Heraufsteigen gegen die innere Seite des Paukenfelles wahrgenommen wird.

Weit zahlreicher sind dagegen die Beobachtungen über den Einfluſs der verdünnten Luft, welche beim Aufenthalte in gröſseren Höhen, oder beim Ersteigen hoher Berge und bei Luftfahrten allgemein gemacht werden können. Bei den Bewohnern hoher Berge, z. B. des Brockens, des St. Bernhard, des Dorfes Rees und Kasbeck, der Meierei von Antisana u. dgl. trifft man im Ganzen Wohlbefinden, und wenn der Genuſs der freieren Luft mit hinlänglicher Bequemlichkeit des Lebens und guter Nahrung verbunden ist, wie bei der Familie auf dem Brocken, so zeigt sich ein hoher Grad der Gesundheit und des Wohlseyns. Das Ge-

---

1 Ann. de Chim. XXXVII. 223. G. IX. 59.

2 Aus Edinb. Trans. V. 1. p. 2. in G. IX. 45.

3 S. *Taucherglocke*.

fühl von Wohlbehagen übrigens, welches Bewohner der Ebenen bei Bergreisen empfinden, ist keineswegs eine Folge des wohlthätigen Einflusses eines geringeren Luftdruckes, sondern vielmehr oft oder stets der reineren Luft und der geistigen Zerstreuung, welche solche Reisen gewähren, indem sonst die gröfsere Kälte, stärkere Ausdünstung, geringere Bequemlichkeit des Lebens und insbesondere der Mangel hinlänglich gekochter Nahrungsmittel (weil der verminderte Luftdruck den Siedepunct zu tief herabbringt) den beständigen Aufenthalt auf hohen Bergen ungesund macht. Dieses beweisen namentlich die kurze Lebensdauer, das bleiche Aussehen, die Schwierigkeit des Heilens von Wunden und die Kränklichkeit der Bewohner des Hospitiums auf dem St. Bernhard[1]; so dafs bei gleich reiner Luft und unter übrigens gleichen Bedingungen der mittlere Barometerdruck in geringer Erhebung über der Meeresfläche der Gesundheit am zuträglichsten zu seyn scheint.

Angaben von dem Einflusse des geringen Luftdruckes in grofsen Höhen auf den menschlichen Organismus haben wir in Menge. Im Allgemeinen empfanden die Personen dort einen beschleunigten Puls[2], grofse Ermattung, welche indefs hauptsächlich Folge des Unvermögens einer Anstrengung in sehr verdünnter Luft und bei der starken Ausdünstung zu seyn scheint, indem Biot und Gay-Lüssac dieses nicht wahrnahmen, Beschleunigung der Respiration und ein Drang des Blutes gegen die äufseren Theile, namentlich Augen und Nase, als Folge eines geringeren Luftdruckes gegen dieselben.

3. Jede einzelne Luftmasse mufs in der Luft selbst schwimmen, oder aber der statische Druck der Luft gegen jedes abgesondert gedachtes Volumen derselben mufs so stark seyn, dafs sein ganzes Gewicht dadurch aufgehoben wird. Indem aber ein gleicher Druck gegen jeden andern Körper gleichfalls statt findet, so wird jeder Körper in der Luft so viel von seinem Gewichte verlieren, als ein gleiches Volumen der Luft wiegt, und er wird sonach nicht

1 G. LXX. 207.

2 Voigts Mag. VIII. 369. G. XX. 120.



mit seinem absoluten, sondern nur mit seinem relativen Gewichte gravitiren. Hiernach mufs also jeder gleich schwere Körper in ihr schwimmen, jeder leichtere in ihr mit seinem relativen geringeren Gewichte aufsteigen, worauf die Theorie der *Aërostaten* beruhet, jeder schwerere aber nur mit seinem relativen Gewichte herabsinken. Letzteres kommt bei der Bestimmung des spec. Gew. der Körper in Betrachtung, indefs die hierbei erforderliche Correction = w[1] so unbedeutend ist, dafs sie in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann[2].

Aus den statischen Gesetzen bei expansibelen Flüssigkeiten folgt ferner unmittelbar, dafs die durch Wärme ausgedehnten Quantitäten auf gleiche Weise in die Höhe steigen müssen, als dieses bei erwärmten tropfbar flüssigen der Fall ist, worauf eine Menge Erscheinungen beruhen. Im Allgemeinen wird man daher finden, dafs in Zimmern die oberen Luftschichten wärmer sind, als die unteren, und beim Heizen der Zimmer durch Luft, welche in eigenen Räumen für diesen Zweck erhitzt ist, wird diese ohne Schwierigkeit in die Höhe steigen[3]. Oeffnet man die Thüre oder das Fenster eines erwärmten Zimmers ein wenig, und hält ein Licht gegen die Oeffnung, so wird man bemerken, dafs die Luft unten einströmt, und oben abfliefst[4]. Eben dieses nimmt man im Winter wahr, wenn die Luft im Zimmer bedeutend wärmer ist, als die äufsere, indem man sie alsdann durch ein geöffnetes Fenster vermöge der ungleichen Lichtbrechung oben ausfliefsen und unten hereinströmen sieht. Hierauf beruhet ferner der oft sehr starke Zug oder das Aufwärtsströmen der Luft in Schachten[5], welches man, im Fall eines Stillstandes, durch etwas oben angezündetes Stroh befördern kann. Vorzüglich kommt dieses aërostatische Gesetz in Betrachtung bei den Windöfen, den Circu-

1 S. *Luft.*

2 Vergl. *Dasymeter.*

3 Cooke in Phil. Tr. XLIII. 370. P. T. Meissner die Hitzung mit erwärmter Luft. Wien. 1821. 8.

4 Franklin Am. Tr. II. 1. u. 231.

5 Benzenberg Vers. über d. Umdrehung d. Erde. Dortmund 1804. 412. Lomonosow in N. C. Pet. I. 267.

Röhren, den Schornsteinen und Kaminen, in welchen die erwärmte Luft aufsteigt, und die kältere herzuströmt[1], worauf hauptsächlich die Grundsätze ihrer Construction beruhen[2], desgleichen bei der Auffindung der Ursachen des Windes und der allgemeineren, wie auch der partielleren Luftströmungen, indem die letzteren an sehr heifsen Tagen und bei vollkommener Windstille unter schattigen Bäumen, oder an sonstigen kühlen Orten sofort wahrgenommen werden. Viele Ventilatoren[3] endlich beruhen auf diesem statischen Aufsteigen der wärmeren Luft. Man kann dasselbe leicht sichtbar machen durch die kleinen Flugrädchen von Papier, wenn man ein rundes Stück desselben schneckenförmig in einen Streifen schneidet, das Centrum auf einem lothrechten Stifte balancirt, und diesen Apparat auf einen geheizten Ofen stellt. *M.*

Aether.

Himmelsluft; *Aether*; Éthèr; *Ether.* Unter diesem Namen haben sich mehrere Naturforscher ein sehr feines elastisches Fluidum gedacht, welches den ganzen Himmelsraum ausfülle. Ob es ein solches Fluidum gebe, hat immer sehr hypothetisch geschienen, da man zwar einige negative Behauptungen von diesem Aether aufzustellen vermochte, z. B. dafs er nicht dicht genug sey, um einen in der Bewegung der Planeten bemerkbaren Widerstand hervorzubringen, dafs er nicht fähig sey, das Licht in einem merklichen Grade zurückzuwerfen, u. s. w.; aber etwas Positives, wodurch sich sein Daseyn verriethe, nicht nachgewiesen werden konnte. Erst in den neuesten Zeiten hat man Gründe gefunden, erstlich den Widerstand dieser den Himmelsraum ausfüllenden Materie nicht als ganz und gar unmerklich anzusehen, und zweitens anzunehmen, dafs das Licht, indem es durch den Himmelsraum fortgeht, eine — wenn gleich geringe — Schwächung erleide.

---

1 J. Ferguson Lectures on select subjects. Lond. 1790. 8. p. 172. L. Euler N. Com. Pet. XIII. 305. XIV. 1. 270. XV. 1. 219.

2 Clavelin in Ann. de Chim. XXXIII. 172. G. VI. 263.

3 S. *Ventilator.*

Die Frage, ob nicht die Planeten in der Materie, die den Himmelsraum erfülle, einen Widerstand leiden, beschäftigte schon Newton[1]; er begnügte sich aber mit der Bemerkung, daſs die Dichtigkeit des Aethers zu geringe sey, um einen für unsre Beobachtungen wahrnehmbaren Erfolg zu zeigen; denn wenn man auch annehme, er sey so dicht, als die Luft in einer Höhe von 200 Meilen über der Erde, so sey doch der bei einer solchen Dichtigkeit statt findende Widerstand zu geringe, um beachtet zu werden.

Indeſs haben spätere Mathematiker, veranlaſst durch die Ueberlegung, daſs selbst ein höchst geringer Widerstand, als unaufhörlich wirkend, im Laufe von Jahrtausenden eine bemerkbare Wirkung hervorbringen würde, es der Mühe werth gefunden, die Wirkungen eines solchen Widerstandes genauer zu untersuchen. L. Euler[2] Laplace[3] und Schubert[4] haben sich hiermit beschäftiget, und folgende Resultate erhalten.

1. Wie groſs auch der Widerstand seyn möchte, so wird dadurch die Lage der Apsidenlinien der Planetenbahnen gar nicht geändert. Dies läſst sich schon daraus übersehen, weil die hier einwirkenden Umstände in gleichen Entfernungen von der Sonne ohne Zweifel von allen Seiten her gleich sind, also kein solcher Grund zur Aenderung der Lage der ganzen Bahn vorhanden ist, wie bei der Einwirkung der Planeten auf einander.
2. Dagegen muſs, vermöge des Widerstandes im Aether die mittlere Entfernung des Planeten immerfort und gleichförmig abnehmen. Denn da der Planet sich nur durch die bestimmte Schwungkraft, welche aus seiner wirklichen Geschwindigkeit hervorgeht, in der Entfernung von der Sonne erhalten kann, in welcher er sich befindet; so muſs, sobald diese Geschwindigkeit durch den Wider-

---

1 Principia phil. nat. Lib. II. propos. 10.

2 De relaxatione motus planetarum, in Euleri opusculis p. 245.

3 Mémoires de l'academie des sciences à Paris pour l'année 1772. p. 370. u. kurz auch in Méc. céleste. IV. p. 313.

4 Bode's astron. Jahrbuch für 1802. S. 165. — Dieser Darstellung bin ich hier gefolgt.

stand vermindert wird, die anziehende Kraft das Uebergewicht erhalten und eine immer fortgesetzte Annäherung zur Sonne hervorbringen. Dieser Grund ist vollkommen überzeugend, um eine Verminderung der mittlern Entfernung darzuthun; aber es verdient doch bemerkt zu werden, daſs diese Verminderung nur während der Planet von der Sonnennähe zur Sonnenferne fortgeht, statt findet, und in der andern Hälfte der Bahn durch eine entgegengesetzte Wirkung zum Theil, aber freilich nicht ganz, ausgeglichen wird. Stellt nämlich S die Sonne vor Fig. 49. und ABDF die Bahn, auf welcher der Planet sich von der Sonne entfernt, indem er von A nach E, B, läuft, so ist der Widerstand, zum Beispiel in E, eine nach der Richtung der Tangente HE, der Bewegung entgegen wirkende Kraft, die, zerlegt in eine Kraft mit ES parallel und in eine Kraft auf ES senkrecht, eine nach ES gegen die Sonne zu treibende Kraft hervorbringt; dagegen ist in F, wo der Planet sich der Sonne nähert, die Kraft des Widerstandes als eine nach der Richtung GF, von der Sonne abwärts wirkende anzusehen, und bei der Zerlegung, nach FS und senkrecht auf FS, zeigt sich die mit FS parallele Kraft als von der Sonne abwärts treibend. Aber sowohl die vorhin angeführte allgemeine Ueberlegung, als auch eine genauere Rechnung zeigt, daſs die Ausgleichung nicht vollkommen statt findet, sondern im Ganzen die mittlere Entfernung abnehmen muſs.

3. Mit einer solchen Abnahme der mittleren Entfernung ist nothwendig eine Beschleunigung der mittleren Bewegung verbunden, von welcher sich zeigen läſst, daſs sie bei den unteren Planeten mehr als bei den oberen betragen muſs, und daſs die daraus entstehende Correction der mittleren Länge dem Quadrate der Zeit proportional ist.

4. Endlich bewirkt der Widerstand eine Verminderung der Excentricität oder macht die Bahn nach und nach mehr dem Kreise ähnlich, und diese Verminderung ist der Gröſse der Excentricität selbst proportional. Diese Verminderung der Excentricität findet nicht bloſs statt, während der Planet sich von der Sonne entfernt, sondern auch in der andern Hälfte der Bahn. Dort nämlich hin-

dert der Widerstand, dafs er nicht ganz die Entfernung SD erreiche und kürzt folglich die Ellipse ab; bei der Annäherung zur Sonne dagegen erweitert die von der Sonne abwärts treibende Kraft die Bahn und vergröfsert dadurch um etwas weniges den perihelischen Abstand, so dafs beide Wirkungen vereinigt beitragen, um den Mittelpunct der Bahn der Sonne näher zu bringen.

Diese theoretisch gefundenen Erfolge sind offenbar bei sonst gleichen Umständen um desto geringer, je gröfser die Dichtigkeit des bewegten Körpers ist, indem ein an sich gleich grofser Widerstand einer gröfseren Masse, einem bei gleichem Volumen dichteren Körper, weniger von seiner Geschwindigkeit raubt. Bei den Planeten, deren Dichtigkeit gewifs ganz ungemein grofs gegen die Dichtigkeit des Aethers ist, kann daher jener Erfolg nur sehr geringe seyn, und wirklich läfst sich auch bis jetzt aus den Beobachtungen gar keine Abnahme der Umlaufszeit folgern und nichts angeben, was auf einen solchen Widerstand zu schliefsen berechtigte.

Die Kometen dagegen dürfen wir nach ihrem äufsern Ansehen, da manche von ihnen gröfstentheils, ja vielleicht ganz und gar aus einer dunstartigen Atmosphäre zu bestehen scheinen, als Körper von sehr geringer Masse ansehen, und wenn ein Aether vorhanden ist, so mufs er auf ihre Bewegung viel merklicher einwirken, als auf die der Planeten. Und in der That scheint dieses der Fall zu seyn. Erst in unsern Tagen sind wir durch Enke's Berechnungen so glücklich gewesen, einen Kometen kennen zu lernen, der wegen seiner kurzen Umlaufszeit schon oft genug beobachtet worden ist, um uns einigen Aufschlufs über die Frage, ob seine Bahn ganz unveränderlich sey, ob alle Umstände seiner Bewegung sich durch die Perturbationen erklären lassen, zu geben. Und hier ergiebt sich aus den bei seinen wiederholten Erscheinungen in den Jahren 1786, 1795, 1805, 1819, 1822 angestellten Beobachtungen, dafs in der That solche Veränderungen seiner Bahn statt finden, die sich nach Berücksichtigung aller Störungen nicht erklären lassen. Enke findet nämlich[1] dafs seine Umläufe sich

[1] Bode's astron. Jahrb. für 1826. S. 124.

um etwas beschleuniget haben; er sah sich genöthiget, nach Anbringung aller der Correctionen, die aus den Perturbationen entspringen, noch eine empirisch angenommene, dem Quadrate der Zeit proportionale Correction der Epoche einzuführen, weil nur so die späteren Beobachtungen mit den früheren in Einstimmung zu bringen sind. Diese, dem Quadrate der Zeit proportionale Correction entspricht einer ungefähr $\frac{1}{9000}$ betragenden Zunahme der mittleren täglichen Bewegung, und da über das auch die Excentricität abgenommen hat, so treffen wenigstens hier die Erscheinungen zu, welche aus einem Widerstande hervorgehen können; und obgleich sich vielleicht noch andere Vermuthungen über den Grund dieser Aenderungen aufstellen lassen, so scheint doch keine so viel als die, dafs des Kometen Bewegung einigen Widerstand leide, für sich zu haben.

Dazu kann ich aus eignen Untersuchungen noch folgendes hinzufügen[1]. Die Schweife der Kometen lassen sich ziemlich gut erklären, wenn man eine abstofsende Kraft der Sonne annimmt, welche die Materie des Schweifes forttreibt. Die richtige Betrachtung der Bahn, welche jedes einzelne Schweiftheilchen durchläuft, führt zu einer Bestimmung der Form des Schweifes, die in manchen Rücksichten den Beobachtungen gemäfs ist. Aber diese Theorie ergiebt als eine nothwendige Folgerung, dafs die Axe des Schweifes, da wo sie sich an den Körper des Kometen anschliefst, von dem nach der Sonne gezognen Radius Vector berührt werden müfste, und das scheint nicht der Fall zu seyn, sondern sogleich in der Nähe des Kometen scheint der Schweif merklich hinter der Richtung zurückzubleiben, die er nach der Theorie haben sollte, oder mehr zurückgebogen zu seyn. Ich werde dies im Artikel *Kometenschweife* weiter erläutern, und mache hier nur die Bemerkung, dafs allerdings ein Widerstand im Aether eine solche Zurückbeugung erklärlich machen würde. Die einzelnen Ungleich-

1 Die ersten Grundzüge zu dem, was ich später vollständiger ausgearbeitet, aber noch nicht vollendet, und deshalb noch nicht bekannt gemacht habe, stehen in Gilb. Ann. XLVIII. S. 117.

heiten, welche bei verschiedenen Kometen statt finden, indem bei einigen die anfängliche Richtung des Schweifes minder von dem verlängerten Radius Vector abweicht, als bei andern, müfste allerdings noch näher erwogen werden.

Ganz unwahrscheinlich ist es wenigstens nicht, dafs ein solcher Widerstand in den Gegenden zumal, wo die Kometen sich während ihrer Sonnennähe befinden, statt finden möge; denn das Thierkreislicht, welches aus einer das Licht in bedeutendem Mafse zurückwerfenden Materie zu bestehen scheint, erfüllt den Raum, worin die Kometen sich alsdann bewegen, und es könnte gar wohl diese Materie nicht so dünne seyn, dafs ihre Dichtigkeit als verschwindend gegen die Dichtigkeit der Kometen anzusehen wäre.

Aber selbst im weiter entfernten Weltraume mag es eine, wenn gleich gewifs sehr feine, Materie geben, die zwar in keinem uns merklichen Grade das Licht zurückwirft, aber doch vielleicht das durchgehende Licht um etwas weniges schwächt. Ueber die Schwächung des Lichtes, während seiner Fortpflanzung durch den Himmelsraum hat Olbers so schöne Betrachtungen angestellt[1], dafs es mir nothwendig scheint, daraus hier einen Auszug mitzutheilen. Olbers fängt seine Betrachtung mit der — wie es mir scheint, — gewifs richtigen Bemerkung an, dafs wir, obgleich Herschels Telescope uns mit Gegenständen bekannt machen, die vielleicht mehrere tausend Siriusfernen von uns entfernt sind, dennoch nicht glauben dürfen, den Grenzen des Weltalls dadurch merklich näher gekommen zu seyn, indem es uns undenkbar sey, dafs die Werke der Allmacht in eine unserm endlichen Geiste übersehbare Grenze eingeschlossen seyn könnten, oder dafs Tausende von Siriusfernen als etwas Grofses, gegen die Werke Gottes Erhebliches, angesehen werden könnten. Denken wir uns aber bis ins Unendliche hinaus Sonnen über Sonnen, (wobei wir uns freilich gern bescheiden, nicht zu wissen, ob nicht in andern Theilen der Schöpfung etwas Andres als die uns bekannten Arten von Weltkörpern vorkommen könnten); so kann es keinen Punct am Himmel geben, der nicht einen

1 Jahrbuch 1826. S. 110.

Stern darböte, und wenn das Licht ganz ungeschwächt zu uns gelangte, so müßte das ganze Himmelsgewölbe so leuchtend, als die Sonne erscheinen. Einen solchen, den Himmel fast gleichförmig bedeckenden Glanz, (der nur dadurch, daß eine Sonne ein etwas mehr oder minder intensives Licht, als die andre hätte, in einigem Grade ungleich seyn könnte), beobachten wir bekanntlich nicht: aber dies ist kein Grund, um die Unendlichkeit des Weltgebäudes zu verwerfen, da sich zeigen läßt, daß bei einer nicht vollkommen absoluten Durchsichtigkeit des Weltraumes, bei einer nur sehr geringen Schwächung des Lichtes während seines Fortganges durch den Raum, die Erscheinungen gerade so werden können, wie wir sie wahrnehmen.

Wenn das Licht durch homogene Medien fortgeht, so ist bei jedem unendlich kleinen Fortgange die Abnahme der Dichtigkeit des Lichtes, dieser Dichtigkeit selbst proportional, und daraus folgt, daß in verschiedenen Abständen von dem leuchtenden Körper, die ich $= x$ setze, die Intensität des Lichtes $= y$, in Vergleichung gegen die Intensität $= A$, welche es für $x = 0$ hatte, durch $\log. \frac{A}{y} = \frac{x}{a}$ ausgedrückt wird, wo dann a einen andern Werth erhält, je nachdem man die Undurchsichtigkeit mehr oder minder erheblich annimmt. Um ein Beispiel von den Wirkungen dieses Lichtverlustes zu geben, nimmt Olbers (allerdings als willkürlich vorausgesetzt) an, daß das Licht, indem es vom Sirius zu uns gelangt, um $\frac{1}{800}$ geschwächt werde, oder daß das Licht des Sirius uns nur $\frac{799}{800}$ so stark erscheine, als es der Fall seyn würde, wenn das Licht ohne alle Schwächung zu uns käme. Dann ergiebt sich, daß in 84 Siriusfernen das Licht noch 0,9 in 554 Siriusfernen noch 0,5 derjenigen Intensität haben würde, die ihm ohne alle Schwächung eigen wäre, und daß folglich für alle Entfernungen, bis zu welchen hin unser bewaffnetes Auge noch einzelne Fixsterne erkennt, die Helligkeit nur bis auf 0,5 abnimmt. Sterne, dem Sirius gleich, die 554 Sirius-Weiten von uns abstehen, würden daher nicht bloß ihrer geringen scheinbaren Größe wegen, die nur $\frac{1}{306916}$ der scheinbaren Größe des Sirius beträgt, in diesem Maße lichtschwächer, sondern wegen verminderter Intensität des

Lichtes, nur mit $\frac{1}{614000}$ der Lichtstärke des Sirius erscheinen.

In gröfseren Weiten nimmt die Intensität des Lichts so ab, dafs sie in 1842 Siriusfernen nur noch 0,1; in 5523 Siriusfernen nur noch 0,001; in 19203 Siriusfernen nur noch $\frac{1}{900000}$ beträgt. Da man nun den Glanz der Atmosphäre bei einer heitern Vollmondsnacht etwa auf $\frac{1}{900000}$ setzt, oder die Lichtstärke eines der Sonnenscheibe gleichen Kreises jener erhellten Atmosphäre auf $\frac{1}{900000}$ der Lichtstärke der Sonne schätzt; so würde uns der Grund des Himmels so hell wie beim Vollmonde erscheinen, wenn in 20000 Siriusfernen ein dichtes Sonnengewölbe den Weltraum schlösse. Sterne in 30000 Siriusfernen würden nur noch den 700000ten Theil des Lichtes geben, welches jeder Punct des Himmels in einer heitern Mondnacht hat, und folglich würde so gut wie gar nichts von dem Lichte so entfernter Sterne zu uns gelangen, das ist, das Himmelsgewölbe würde uns eben so schwarz wie in der heitersten mondlosen Nacht erscheinen, wenn gleich in 30000 Siriusfernen das ganze Himmelsgewölbe mit dicht gedrängten Sonnen besetzt wäre, die in jedem Puncte Licht von eben der Intensität, wie unsre Sonne, aussendeten.

Obgleich nun diese Rechnung auf die ganz hypothetische Voraussetzung, dafs das Siriuslicht eine Schwächung $= \frac{1}{800}$ erleide, gegründet ist, so erhellt doch leicht, dafs eine andre Voraussetzung zwar die Mafse der Räume, die ich eben angegeben habe, ändern, aber in dem Wesentlichen der Resultate keine Aenderung hervorbringen würde.

Ob wir nun die hierdurch sehr wahrscheinlich gemachte Schwächung des Lichtes einer eignen, höchst dünnen, Materie zuschreiben sollen, oder ob die sich durchkreutzenden Lichtstrahlen selbst diese Schwächung hervorbringen, — darüber freilich werden wir nie etwas entscheiden können. Hier ist es genug, das Resultat aufzustellen, dafs die Unendlichkeit des Weltgebäudes im vollkommensten Sinne sich nicht als der Beobachtung widersprechend zeigt, wenn wir eine solche Schwächung des Lichtes im Aether annehmen.

B.

Aethrioskop.

Aithrioskop (von *αἴθριος* heiter, hell und *σκοπέω* ich sehe) nennt Leslie ein empfindliches Rumfordsches Thermoskop, dessen eine Kugel sich im Brennpuncte eines mit seiner Fläche gegen den Himmel gerichteten Hohlspiegels befindet. Letzterer wird mit einem metallenen Schirme bedeckt gehalten, bis die gefärbte Schwefelsäure im Thermoskope im Stillstande ist, dann wird der Schirm weggenommen, und das Thermoskop zeigt durch sein Fallen an, ob und wie starke *Wärmestrahlung* gegen den heiteren Himmel oder *Kältestrahlung* von demselben statt findet[1]. *M.*

Affinität *S.* Verwandtschaft.

Aggregat.

Aggregatum; Aggrégation; *Aggregation;* nennt man diejenige Art der Zusammenfügung eines Ganzen aus seinen Theilen, wonach die letzteren nur gleichsam neben einander liegen, und durch eine gewisse Bindung zusammengehalten werden, ohne dafs die Theile selbst verändert sind. Vorzüglich gebraucht man diesen Ausdruck in der Mineralogie von solchen Fossilien, deren Bestandtheile, für sich kenntlich, mit einander verbunden sind: z. B. beim Granit. Im Allgemeinen steht ein *Aggregat* einer *Mischung* entgegen[2].

M.

Aggregatform.

Aggregationsform; *Aggregatio; forma aggregationis;* bezeichnet die Art und Weise, wie die constituirenden Bestandtheile der verschiedenen Körper zusammengefügt, oder neben einander gelagert sind. Da wir die einfachen Bestandtheile selbst nicht kennen, so können wir auch über die Art ihrer Zusammenfügung nichts Gewisses bestimmen, und bezeichnen daher blofs den äufsern sinnlichen Schein dieser Zusammenfügung, wonach uns die Körper als fest, tropfbar flüssig oder expandirt erscheinen.

---

1 Brugnatelli Giorn. Dec. II. 11, 362. Die Würdigung des Versuches S. *Wärme, strahlende.*

2 Vergl. Young Lect. I. 527.

Die Körper gehen durch verschiedene Ursachen und mit sehr ungleicher Leichtigkeit aus dem einen Aggregatzustande in den andern über, weswegen der eigentliche und einzige Grund des einen oder des andern Zustandes nicht ausschliefslich in der Beschaffenheit der Körperelemente, oder in dem Wesen der verschiedenen Grundstoffe liegen kann. Die Anhänger der Kantischen Dynamik sind geneigt, diesen Zustand überhaupt und seinen Wechsel auf den Conflict der beiden Grundkräfte, der *Dehnkraft* und *Ziehkraft* zurückzuführen, wobei aber die Nachweisung des eigentlichen Grundes fehlt, warum die eine oder die andere Kraft überhaupt oder temporär vorherrschend und überwiegend seyn soll. Mehr in sich und mit der Erfahrung übereinstimmend ist die neuerdings von Laplace geäufserte Meinung, dafs die Quantität der Wärme, bedingt durch die Wärmecapacität und individuelle Beschaffenheit der Materie den verschiedenen Aggregatzustand hervorrufe, indem die Körper durch vermehrte Wirksamkeit dieses repulsiven Princips aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren und dann der expansibelen Flüssigkeiten überzugehen disponirt würden. So übereinstimmend mit dem Phänomenen diese Ansicht auch ist, so bleibt dabei dennoch die eigentliche Art der Wirkung der Wärme unbekannt[1]. *M.*

Akustik.

Acustice; Acoustique; *Acustics;* abstammend vom griechischen Worte *ἀκούειν*, hören, heifst der Wortbedeutung nach die Lehre vom Hören, in welchem Sinne man auch *akustische Werkzeuge* solche Apparate zu nennen pflegt, deren sich Schwerhörende zur Erleichterung und Verstärkung des Hörens bedienen. Man versteht indefs auch alles dasjenige darunter, was als physische Ursache das Hören bewirkt, mithin die Lehre vom Schalle, die Gesetze seiner Erzeugung, Fortleitung, des Eindruckes, welchen derselbe auf das Gehör macht, und die Theorie, welche darzuthun sucht, warum und nach welchen Regeln Töne zu einem angenehm oder unangenehm afficirenden Ganzen verbunden

1 S. *Abstofsung.*

werden, wodurch also die Akustik zur Lehre vom Tönen, vom Schalle, vom Klange und von der musikalischen Harmonie wird. In dieser Bedeutung hat der classischste Schriftsteller über diesen Gegenstand, Chladni, das Wort gebraucht[1]. Sonst unterscheidet man zuweilen auch *Diakustik*, die Lehre von der Fortpflanzung des Schalles, und *Katakustik*, die Untersuchung der Gesetze der Reflection desselben. Die hierher gehörigen Untersuchungen finden sich an den geeigneten Orten angestellt. *M.*

Alcalimeter

nennt Decroizilles[2] ein Instrument, welches bestimmt ist, die Quantität des reinen Alkali in der gemeinen Pottasche (und nach gleichen Grundsätzen des eigentlichen Natrons in der gewöhnlichen Soda) aufzufinden. Im Wesentlichen besteht dasselbe aus einer calibrirten und graduirten Röhre, in welcher eine Solution der Pottasche mit Schwefelsäure neutralisirt wird. Da das Instrument zunächst für Chemiker gehört, und auch diese dasselbe schwerlich allgemein einführen werden, so ist eine ausführliche Beschreibung desselben hier überflüssig[3]. *M.*

Alcaraza.

Ist ein thönernes Gefäfs, dessen man sich in Spanien gewöhnlich bedient, um das Getränk kühl zu erhalten. Man sagt, dafs die Gewohnheit, sich solcher Gefäfse zu bedienen, von den Mauren herstamme. Sie sind ungleich bauchig, mit einem engeren, oben sich wieder erweiternden Halse versehen, ohngefähr einen Fufs hoch und 0,5 F. in der Mitte, wo sie am dicksten sind, weit, gelbbraun, einige seltenere und kostbarere aber roth, welche dem Wasser einen angenehmen Geschmack geben sollen. Die gemeinen sollen von einer am Feuer sich erhärtenden Erde seyn, mit feinem Sande vermischt, schwerlich aber wird dem Thone etwas Salz zugesetzt, um beim Schmelzen die Poren zu erweitern, denn es giebt der Thonarten genug, welche leicht

1 S. die Akustik, bearbeitet von E. F. F. Chladni. Leipz. 1802.
2 Ann. de Chim. LX. 17.
3 Klaproth und Wolf chem. Wört. Suppl. I. 23.

gebrannt das Wasser durchschwitzen lassen. Die Spanier füllen sie mit dem zum Trinken bestimmten Wasser, wovon ein Theil auf die Oberfläche ausschwitzt, durch dessen Verdunstung an einem schattigen und vorzüglich luftigen Orte das im Innern befindliche bei der gröſsten Sommerhitze so kalt als in Kellern erhalten wird. Durch langen Gebrauch, vorzüglich wenn das Wasser kalkerdehaltig ist, verstopfen sich die Poren[1].

Fabroni stellte mit einigen Alcarazzas Versuche an, und fand, daſs sie das enthaltene Wasser ohne merklichen Luftzug in 17° C. äuſserer Temperatur auf 13° herabbrachten. Nach Darcet besteht die Erde, woraus sie verfertigt werden, aus Kalk- Thon- und Kiesel-Erde in fast gleichen Antheilen, und etwas Eisen. Die Erde hat nach Fabroni Aehnlichkeit mit derjenigen im Toskanischen, aus welcher er schwimmende Steine machte, und welche er Erdmehl nennt. Sie enthält 55 Th. Kiesel, 15 Th. Talk, 12 Th. Thon, 3 Th. Kalk und 1 Th. Eisen. Mischt man mit ihr gewöhnlichen Thonmergel oder Töpferthon, so erhält man Gefäſse, welche den Alcarazzas sehr ähnlich sind[2]. *M.*

Alhidade.

Alhidadenregel; Absehenlineal; *Alidada;* l'Alidade; *Alidade;* ist bei Winkel-Instrumenten das um den Mittelpunct des eingetheilten Kreises bewegliche Lineal, mit welchem, um die Richtung nach bestimmten Puncten zu erhalten, entweder ein Fernrohr oder zwei Absehen, Dioptern (Dioptrae, les Dioptres) so verbunden sind, daſs die mit der Axe des Fernrohrs zusammenfallende oder durch beide Dioptern gehende, nach dem Gegenstande gezogene, Linie zugleich durch den Mittelpunct geht[3].

Fig. 50. Die Dioptern stellen zwei gegen die Ebne des Instruments senkrechte Linien dar, deren eine, *die Oculardiop-*

---

1 Sallior in Decade Phil. Frim. an. VI. Ann. de Chim. XXV. 167.

2 J. de Ph. VI. 228. G. III. 250.

3 Der Name soll, nach Lach (Anleitung zur Kenntniſs der Sternnamen. Leipzig 1796. S. 159) von dem sehr allgemeinen Begriff, daſs es zum Grenzenbestimmen diene, herkomme. Nach Montucla (Hist. des Math. I. 371.) heiſst es: Zähler.

ter, ein in der senkrecht stehenden Messingplatte A angebrachter schmaler Einschnitt ist, die andre, *die Objectivdiopter* ein in der gröſsern Oeffnung D E senkrecht gegen die Ebne des Kreises eingespanntes Haar b c. Man stellt das Lineal so, daſs das an jenen Einschnitt gebrachte Auge, den Punct, nach welchem das Lineal gerichtet werden soll, von dem Haare bedeckt, sieht. *B.*

Alkali.

Laugensalz; *Alcali*, *sal alcalinum*; Alkali, sel alkali; *Alkali.* Mit diesem Namen bezeichnet man die durch folgende Verhältnisse ausgezeichneten Stoffe: Sie sind die den Säuren in chemischer Beziehung vorzüglich entgegengesetzten Materien, welche daher eine besonders groſse Affinität zu denselben haben, bei ihrer Verbindung mit jenen die denselben eigenthümlichen Charaktere am vollständigsten aufheben, und mit ihnen die sogenannten Neutralsalze darstellen, aus welchen Verbindungen sie bei Einwirkung eines elektrischen Stromes immer am negativen Pole abgeschieden werden. Sie sind sämmtlich im Wasser löslich, verändern häufig die Farbe der organischen Farbstoffe, mit welchen sie in Verbindung treten, und zwar auf eine den Säuren entgegengesetzte Weise; namentlich verändern sie die rothe Farbe der meisten rothen Blumen und Beeren erst in Blau, dann in Grün (Rosen u. s. w.), der blauen in Grün (Veilchen u. s. w.), die rothe Farbe der Alkanna und des Fernambuk, und der mit wenig Säure versetzten Lackmustinctur in Blau, und färben die gelbe Curcumawurzel roth. Diese Alkalien sind theils *unorganische*, theils *organische*.

1. Die *unorganischen* haben eine besonders groſse Affinität zu den Säuren, besitzen den bekannten laugenhaften Geschmack, und wirken zerstörend (ätzend) auf die organischen Körper. Zu ihnen zählt man das *Ammoniak*, *Kali*, *Natron*, *Lithon*, den *Baryt*, *Strontian* und *Kalk*, und zum Theil auch die *Bittererde* (Talk), welche vier letzteren den Uebergang der Alkalien zu den Erden bilden. Zum Theil werden jedoch diese vier Körper, da sie für sich und in verschiedenen Verbindungen eine geringere Löslich-

keit im Wasser zeigen, als die zuerst genannten, von den Alkalien getrennt, und als *alkalische Erden* den übrigen Erden zugezählt.

2. Unter den *organischen Alkalien* versteht man die in neueren Zeiten aufgefundenen organischen Materien, welche besonders die Verbindbarkeit mit den Säuren zu neutralen Salzen und die verändernde Wirkung auf Pflanzenfarben mit den unorganischen Alkalien gemein haben, obgleich ihre Affinität zu den Säuren und ihre Löslichkeit im Wasser meistens nur sehr geringe ist, und sie auch keine ätzende Wirkung auf organische Körper zeigen. Sie besitzen gewöhnlich einen sehr bittern Geschmack, machen den wirksamen Bestandtheil vieler Arzneimittel aus, und sind in medicinischer Hinsicht theils rein bittere, wie *Cinchonin* und *Chinin*, theils narkotische, wie *Morphium*, *Pikrotoxin*, *Brucin*, *Strychnin*, und *Solanin*; theils scharfe, wie *Delphinin*, *Veratrin* und *Emetin*.

G.

Almucantharat.

Almicantarat; *Almacantar;* heifsen die Parallelkreise, deren Pole mit Zenith und Nadir zusammen fallen. Der Horizont gehört mit in die Reihe dieser Kreise. Man nennt sie auch *Höhenkreise.* Sterne, die sich auf demselben Almucantharat befinden, haben gleiche Höhen. Die Ebnen dieser Kreise sind senkrecht gegen die Ebne des Meridians[1].

B.

Alumium.

Aluminium; Aluminium; *Aluminium;* ist diejenige einfache Materie, von welcher man annimmt, dafs sie mit Sauerstoff die *Alaunerde* bilde und welche von H. Davy in kleinen metallisch glänzenden Theilchen erhalten zu seyn scheint.

Die bekannteste Verbindung des Alumiums ist die mit Sauerstoff zu *Alaunerde*, (*Thonerde*, Alumine, *Alumine*). Diese findet sich in der Natur ziemlich rein im

---

1 Ueber die Abstammung des Namens s. Lach Anleitung zur Kenntnifs der Sternnamen. Leipz. 1796. S. 158.

Sapphyr und *Corund*, Mineralien, die nur vom Diamant in der Härte übertroffen werden; auch alle übrigen Mineralien, von welchen Alaunerde nur einen Bestandtheil ausmacht, zeichnen sich, sobald sie kein Wasser enthalten, durch vorzüglich grofse Härte aus. Die mit Wasser verbundene Alaunerde oder das *Alaunerdehydrat* ist sehr weich und zerreiblich, und bildet in Verbindung mit verschiedenen grofsen Mengen von Kieselerdehydrat, die in der Natur vorkommenden *Thonarten*. Alle diese kommen darin mit einander überein, dafs sie in der Glühhitze ihr Wasser verlieren und in einen harten cohärenten Zustand übergehen, in welchem sie nicht mehr durch Wasser erweicht werden können; zugleich ziehen sie sich bei diesem Glühen beträchtlich zusammen, oder sie schwinden, eine Erscheinung, die nicht blofs von dem Entweichen des Wassers herrührt, da eine Thonmasse beim weitern Erhitzen sich zusammen zu ziehen fortfährt, nachdem sie schon alle Feuchtigkeit verloren hat. Dieses ist also wohl aus einer stets gröfseren Annäherung der Thontheilchen durch Verkleinerung der Poren zwischen denselben zu erklären. Auf dieser Erscheinung beruht die Construction des Wedgwoodschen Pyrometers.

Die Alaunerde löst sich im wasserfreien Zustande höchst schwierig oder gar nicht, im wasserhaltigen leicht in Säuren, und bildet mit diesen die *Alaunerdesalze*, welche einen sauren, zusammenziehenden und etwas süfsen Geschmack besitzen, und aus welchen die Alaunerde durch sämmtliche Alkalien und Erden, mit Ausnahme der Zirkon- und Kiesel-Erde, abgeschieden wird. Das wichtigste Salz der Alaunerde ist der *Alaun*, ein Doppelsalz, welches bald aus schwefelsaurer Alaunerde und schwefelsaurem Ammoniak, bald aus schwefelsaurer Alaunerde und schwefelsaurem Kali, bald aus schwefelsaurer Alaunerde, schwefelsaurem Ammoniak und schwefelsaurem Kali zugleich besteht, und in Verbindung mit Wasser in regulairen Oktaëdern, Cubooktaëdern und Würfeln anschiefst. Durch Erhitzen dieser Krystalle, wobei das Wasser unter Aufschäumen entweicht, erhält man den gebrannten Alaun, alumen ustum, in Gestalt einer weifsen schwammigen Masse. *G.*



Amalgama.

Elektrisches Amalgama; *Amalgama electricum*; Amalgame électrique; *Amalgam;* nennt man diejenige Verbindung der Metalle mit Quecksilber, welche man auf die Reibzeuge der Elektrisirmaschinen aufträgt, um ihre Wirkung zu verstärken. Indem es hier nicht der Zweck ist, auf die Theorie der elektrischen Erscheinungen einzugehen, und hieraus den Einfluſs der verschiedenen Amalgame herzuleiten, so kann nur die Beschaffenheit der gebräuchlichsten unter ihnen nebst der Art, sie zu bereiten und auf die Reibzeuge aufzutragen, angegeben werden.

Dasjenige Amalgama, dessen man sich ehemals am meisten bediente, bestand bloſs aus einer Verbindung von Quecksilber und Zinn. Gewöhnliche Spiegelfolie von alten Spiegeln konnte daher dazu verwandt werden. Sonst bereitete man dasselbe, indem man Staniolstreifen mit Quecksilber in einem Mörser zu einem möglichst consistenten Teige zerrieb, oder das Zinn schmolz, dann die gehörige, nicht durchaus genau bestimmte, Menge Quecksilber zusetzte, und die Masse gleichfalls in einem eisernen Mörser zerrieb. Einige setzten Kreide hinzu, welche aber durchaus keinen Nutzen bringt, und nebenbei wegen der enthaltenen Kieselerde die Politur des Glases angreift. Higgins [1] scheint zuerst statt des Zinns Zink genommen zu haben, welches er mit vier Theilen Quecksilber vereinigte. Adams [2] nennt zwei Arten Amalgame, die eine aus fünf Th. Quecksilber und einem Th. Zink zusammengesetzt, die andere aus bloſsem Musiv-Golde (aurum musivum, Doppelt-Schwefelzinn) bestehend. Man hielt es für besser, dasselbe mit etwas Schweineschmalz auf Leder aufzutragen, und damit das Glas der Maschinen vor dem Gebrauche stark einzureiben, auf die Reibzeuge selbst aber unmittelbar nichts aufzutragen. Geschah Letzteres aber wegen der längeren Dauer der Wirkung, so setzte man dem Amalgama aus Zink oder Zinn und Quecksilber etwas fein geriebene Kreide oder Spanische Schminke (Spanisches Weiſs;

---

1 Phil. Tr. 1778. P. II. n. 38.

2 Essay on Electricity Lond. 1784. 8. p. 27.

Schminkweiſs; Wiſsmuthweiſs; Perlweiſs; magisterium bismuthi; blanc d'Espagne; Basisches salpetersaures Wismuthoxyd) hinzu, um dasselbe in ein graues Pulver zu verwandeln, und mit etwas Schweineschmalz bequemer aufzutragen.

Späterhin hat man sich bis auf die neuesten Zeiten fast allgemein des *Kienmayerschen* Amalgama bedient, und dessen ursprüngliche Zusammensetzung entweder ganz beibehalten oder unwesentlich abgeändert. Dasselbe wurde zuerst durch den Mechanikus Bienvenu [1] als ein schwarzes Pulver angekündigt, wodurch die Wirkung der Elektrisirmaschinen bedeutend vermehrt werden könne, ohne Angabe seiner Bestandtheile. Letztere machte indeſs v. Kienmayer selbst unmittelbar darauf bekannt [2], nebst der Art der Bereitung, welche aber unnöthig weitläuftig ist, und selbst bei gröſseren Quantitäten nicht erfordert wird. Nach der ursprünglich angegebenen, und wohl noch nicht verbesserten Proportion soll dasselbe aus 2 Th. Quecksilber, 1 Th. Zink und 1 Th. englischem Zinn (wie man dasselbe in den Officinen erhält) bestehen, und kann auf folgende Weise leicht und sicher bereitet werden. Man nimmt gewalzten Zink [3], schmelzt denselben in einem irdenen Tiegel bei gemäſsigtem Feuer, und wirft in die völlig geschmolzene Masse das Zinn, welches gleichfalls bald schmelzen wird. Indem diese Mischung leichtflüssiger ist, als der Zink allein, so ist es vortheilhaft, das Feuer zu mäſsigen, wodurch man das Verkalken der Metalle verhütet. Sollte dieses aber dennoch statt finden, so kann man etwas Unschlitt in den Tiegel werfen, welches indeſs leicht in Flamme geräth, und etwas (im Wesentlichen unschädlichen) Schmutz zurückläſst. Nachdem man die Masse mit einem eisernen Stabe umgerührt hat, um sich zu überzeugen, daſs dieselbe geschmolzen sey, wird

1 Journal de Paris. 1788. n. 230.

2 J. de Ph. XXXIII. 96. Lichtenb. Mag. VI. 3. St. p. 104.

3 Solcher ist deswegen zu wählen, weil er allezeit rein, und beim Schmelzen dünnflüssig ist. Mancher Zink nämlich ist dickflüssig, behält immer eine Art von Zähigkeit, ohne wie Wachs oder Blei zu fliessen, setzt viel Kalk ab und verwandelt sich leicht in denselben, wahrscheinlich eine Folge von etwas beigemischtem Oxyde oder einer sonstigen verunreinigenden Substanz.

das Quecksilber zugesetzt. Dieses kann bei gröfseren Mengen aus zwei Rücksichten gefährlich werden, einmal indem dieses schwerere, schnell zu Boden sinkende, Metall in Dämpfe verwandelt wird, und die geschmolzene Masse aus dem Tiegel schleudert, oder wenn die Erzeugung der Dämpfe so stark ist, dafs sie der Gesundheit des Arbeiters nachtheilig wird. Beides läfst sich indefs leicht vermeiden, wenn man durch Mäfsigung des Feuers dafür sorgt, dafs die geschmolzene Masse nicht heifser ist, als sie seyn mufs, um im Zustande der Flüssigkeit zu bleiben, und zugleich berücksichtigt, dafs das Ganze durch Zusatz von Quecksilber stets leichtflüssiger wird. Es ist daher durchaus unnöthig, die Hitze so zu vermehren, dafs eine der beiden gefährlichen Erscheinungen wirklich eintritt. Der Vorsicht wegen bedecke man indess den Tiegel mit einer gemeinen Ofenschaufel, schütte auf diese vorerst etwa eine Unze Quecksilber, ziehe die Schaufel zurück und lasse das Quecksilber in den Tiegel laufen, welchen man durch Vorschieben der Schaufel sogleich wieder bedeckt, und fahre auf diese Weise in ganz kleinen Zeiträumen und mit zunehmenden Mengen von Quecksilber fort, während das Feuer eher abnimmt, als vermehrt wird. Blofs bei den ersten Malen des Zuschüttens hört man ein geringes Sprudeln als Folge der gebildeten Quecksilberdämpfe, welche sich aber sogleich mit der gröfseren Menge des Metalls verbinden. Beträgt die ganze Masse über 6 bis 8 Pfd., so ist es räthlich, nach dem Zugiefsen von etwa der Hälfte, oder bei sehr grossen Mengen von mehr als 12 bis 15 Pfd., nach dem Zugiefsen des dritten und dann nochmals des dritten Theils mit dem eisernen Spatel umzurühren, sonst aber kann man auf die angegebene Weise die ganze Quantität des Quecksilbers ohne Unterbrechung in den angegebenen kleinen Portionen hinzuschütten, dann schnell dieses Umrühren verrichten, sogleich den Tiegel abnehmen, und die geschmolzene Masse auf trockne Pflastersteine, etwa der Küche, ausgiefsen. Wartet man hiermit zu lange, insbesondere bei einem etwas zu starken Feuergrade, so verdampft eine gröfsere Menge Quecksilber, als dem Mischungsverhältniss zuträglich ist, wovon man sich durch die zahlreichen Kügelchen überzeugt, welche an der eisernen, zur

Bedeckung des Tiegels dienenden Schaufel festzusitzen pflegen.

Ist das silberweiſse Metallgemisch erkaltet, so läſst es sich leicht zerbrechen, und muſs dann zu einem feinen, graulich schwarzen, Pulver zerrieben werden; eine eben so mühsame als langwierige Arbeit. Man wirft deswegen die Stücke in einen eisernen Mörser, und zerstöſst sie, wobei die Masse aber gern zusammenballet, und dadurch das weitere Verkleinern fruchtlos macht, weswegen sie wiederholt mit einer starken Messerklinge zerschnitten werden muſs. Ist aber die Mischung gut, und hauptsächlich aus reinem Zink bereitet, so werden auch die etwa zurückbleibenden Stückchen weich genug seyn, um sich auf dem Reibzeuge zerdrücken zu lassen. Indeſs ist es für die Aufbewahrung und den Gebrauch besser, die möglichst fein gepulverte Masse mit dem Pistill in einer steinernen Reibschale so fein wie möglich zu zerreiben und in Zuckergläsern aufzubewahren. Hierbei ereignet es sich nicht selten, daſs kleine Quecksilberkügelchen durch längeres Stehen des Pulvers von der Masse getrennt erscheinen, welches übrigens kein Verdorbenseyn anzeigt, auch darf man das Ganze dann nur abermals in einer Reibschale zerreiben, um die Verbindung wieder herzustellen. Singer [1] bedient sich eines Amalgama aus 1 Th. Zinn; 2 Th. Zink und 6 Th. Quecksilber bestehend, welches auf gleiche Weise bereitet wird, oder aus 2 Th. Zinn; 4 Th. Zink und 7 Th. Quecksilber, welches er nach dem Pulvern sogleich im Mörser mit Schweinefett zusammenreibt und aufbewahrt, nach dem Hartwerden aber wieder mit etwas Schweinefett zur Salbe reibt. Letztere Methode ist schwerlich zu empfehlen, vorzüglich wenn man die auf allen Fall mühsam zu bereitende Masse Jahrelang aufbewahren will. [2] Sonstige Zusätze zum Amalgama, als namentlich von Phosphor, Schwefel u. dgl. habe ich entweder nicht versucht, oder keinen Effect derselben wahrgenommen. Indeſs empfiehlt J. T. Mayer [3] nach

1 Elemente der Elektricität und Elektrochemie von G. J. Singer. A. d. Engl. übers. von C. H. Müller. Breslau 1819. p. 33.

2 Ueber die Art des Auftragens und die dabei zu befolgenden Regeln, namentlich in Rücksicht des quantitativen Verhältnisses S. *Elektrisirmaschine.*

3 Anfangsgründe der Naturlehre §. 516. Anm.

sicheren Erfahrungen für manche Glassorten ein Amalgama mit einem gröfseren Antheile von Quecksilber, namentlich aus 1 Th. Zinn; 1 Th. Zink und 3 bis 4 Th. Quecksilber bestehend, welches zur Verhütung des Absonderns gleich nach der Bereitung mit etwas frischem Talge zusammengerieben wird. Auch alte Spiegelfolie leistet nach ihm recht gute Dienste. *M.*

Anamorphose.

Anamorphosis; [1] Anamorphose; *Anamorphosis;* Verzeichnung einer Figur, welche aus einem gewissen Standpuncte oder mit Hülfe gewisser Gläser betrachtet, etwas ganz anderes darstellt, als man bei anderer Stellung des Auges oder ohne jene Gläser daran sieht.

Man kann die Anamorphose in optische, katoptrische und dioptrische theilen.

Fig. 51. Die optischen fordern blofs, dafs man sie aus einem gewissen Standpuncte sehe. Es sey dem Auge in O gegenüber eine in richtigen Verhältnissen gezeichnete Figur, z. B. das Bild eines Menschen, in b e aufgestellt, und man ziehe nun von O nach der Ebne PE durch jeden Punct jener Figur gerade Linien; so erhält man die auf PE projicirte Figur, das heifst, wenn man auf der Ebne PE an jedem der so bezeichneten Puncte den Theil der Figur zeichnet, der ihr in b e entsprach; so sieht das Auge in O, wenn man b e wegnimmt, alle Theile der auf BE gezeichneten Figur in den Verhältnissen, wie sie in b e waren, und es bedarf nur einiger Kunst, um das Auge so zu täuschen, dafs es in der offenbar in ganz unnatürlichen Verhältnissen gezeichneten Gestalt BE die Gestalt zu sehen glaube, die sich ihm auf der Ebne b e darstellte [2].

Eine hierher gehörige Spielerei ist die, wo man zwei ganz verschiedene Bilder in Streifen zerschnitten, auf mehrere neben einander stehende dreiseitige Prismen klebt, so dafs

---

1 Von μορφή Gestalt.

2 Ein Beispiel erzählt Brisson im Diction. raisonné de Physique, Art. Anamorphose, wo Bilder, die etwas anderes vorstellen, wenn man sie auf gewöhnliche Weise betrachtet, eine Magdalena darstellen, wenn man das Auge in einen gewissen Punct bringt.

alle von der einen Seite her gesehene Flächen der Prismen das eine Bild, die von der andern Seite her ins Auge fallenden das andere Bild darstellen. Es erhellt, daſs eine geringe Aenderung der Stellung dann eine gänzliche Veränderung des Gegenstandes zu bewirken scheint.

Katoptrische Anamorphosen sind Bilder, die in Cylinderspiegeln, Kegelspiegeln oder Pyramidenspiegeln eine richtige Gestalt darstellen, während sie mit bloſsem Auge betrachtet, eine verzerrte Gestalt zeigen. Man sieht leicht, daſs der konische Spiegel PQR dem Auge in O, den Punct A in a, den Punct B in b darstellt, und also die Figuren auf der um den Kegel liegenden Fläche, wovon AB ein Theil ist, in ganz andern Verhältnissen darstellt. Es kommt also darauf an, ein verzerrtes Bild auf der Erweiterung der Grundfläche des Kegels zu zeichnen, welches dem Auge in O im Spiegel eine regelmäſsige Zeichnung, z. B. das Bild eines Menschen darstellt. Etwas Aehnliches findet für cylindrische und pyramidalische Spiegel statt.

Fig. 52.

Von der Verzeichnung solcher Bilder hat Simon Stevin zuerst geschrieben [1]. Leupold erfand zur Zeichnung derselben ein eigenes Instrument [2].

Die dioptrischen Anamorphosen zeigen durch ein vieleckig geschliffenes Glas (Polyeder) regelmäſsige Figuren. Wer nämlich eine Tafel durch ein solches Glas betrachtet, sieht durch die Flächen des Glases nur einzelne Theile der Tafel, welche neben einander zu liegen scheinen, obgleich sie auf der Tafel weit aus einander liegen. Wenn also auf jener Tafel an richtig gewählten Stellen einzelne Theile eines gewissen Gemäldes gezeichnet werden, so erscheinen sie dem durch das polyedrische Glas sehenden Auge als neben einander liegend, oder als ein zusammenhängendes Gemälde bildend. Wer also eine Zeichnung zu diesem Zwecke machen wollte, der müſste jene zertrennten Stücke so in einer Zeichnung anzubringen suchen, daſs man sie beim gewöhn-

---

1 Schott magia universalis Herbipol. 1657. Wolf Elem. Catoptr. probl. 25—27. Langsdorf Grundlehren der Photometrie. Erlangen 1803. S. 93.

2 Anamorphosis mechanica nova Lips. 1714.

lichen Betrachten als zu dieser Zeichnung gehörig sähe, *statt* dafs sie durch das Polyeder etwas ganz anderes darstellten. So hat man z. B. Zeichnungen, die mehrere Köpfe darstellen, welche, durch das Polyeder gesehen, einen einzigen Kopf zeigen, der sich so in jener Zeichnung nicht findet [1]. *B.*

Anemoskop.

Anemoscopium; anémoscope; *anemoscope* (von ἄνεμος der Wind und σκοπεῖν sehen) heifst bei den Alten diejenige Vorrichtung, welche man, wie noch jetzt in Gebäuden am untern Ende einer über das Dach hervorragenden Windfahne anbringt, um die Richtung des Windes zu wissen [2]. Später ist dieser Name vorzugsweise einem durch Otto v. Guerike [3] erfundenen und *semper vivum* genannten Werkzeuge beigelegt, eigentlich einem *Manometer*, aus einer gebogenen Glasröhre mit Luft durch Quecksilber oder Weingeist gesperrt, auf welchem eine kleine Puppe schwamm, und beim veränderten Drucke der Luft mit dem Finger auf den bevorstehenden Wind hindeutete. Diese Werkzeuge, welche bald viel Aufsehen machten, um so mehr, da ihr Erfinder den eigentlichen Mechanismus verbarg, und auch den Namen eines *perpetui mobilis* erhielten, wurden in Deutschland und vorzüglich im Auslande Anemoskope genannt, als Otto v. Guerike im Jahr 1660 nach demselben einen heftigen Sturm vorhersagte, welcher nach zwei Stunden wirklich eintraf [4]. Couriers zeigte nachher, dafs der Apparat ein blofses Manometer sey [5]. Weil die Hygrometer aus Darmsaiten gleichfalls bei bevorstehendem Unwetter sich verändern, so hat man sie eigends hiernach construirt, und gleichfalls Anemoskope genannt, deren eines Pickering, [6] ein anderes B. Martin [7] beschreibt [8]. Diese historische Erwäh-

Fig. 53.

1 Anleitung zur Zeichnung solcher Bilder giebt Wolf Elem. Dioptr. Probl. 25.

2 S. *Windfahne*, und daselbst die verschiedenen Abänderungen.

3 Experimenta nova de vacuo spatio L. III. c. 20.

4 Comiers l'Homme artificiel anemoscope in Mercure de France 1683.

5 Acta Erud. 1684.

6 Phil. Tr. XLIII.

7 Philos. Brit. vol. II.

8 Vergl. Brisson Dict. de Phys. Hutton Dict.

nung genügt für den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft, indem der Apparat selbst mit Recht außer Gebrauch ist.

M.

Anomalie.

Anomalia; Anomalie; *Anomaly.* Unter der *wahren Anomalie (anomalia vera, anomalie vraye, true anomaly)* eines Planeten oder Kometen versteht man den Winkel, den der an den Ort desselben gezogene Radius Vector mit der Haupt-Axe der Bahn oder der Apsidenlinie macht [1]. Man rechnete ehemals die *wahre Anomalie* der Planeten von der Sonnenferne an, so daſs der Winkel zwischen dem, von der Sonne ausgehenden Radius Vector und dem längeren Theile der gröſseren Axe die wahre Anomalie angab; da aber bei Kometen es nicht wohl anders möglich ist, als von der Sonnennähe an zu rechnen, so wird es immer mehr üblich, auch bei Planeten die Anomalie von der Sonnennähe an zu zählen [2].

1. Die Anomalie würde aus der bekannten Umlaufszeit eines Planeten und der seit der Ankunft des Planeten in der Sonnennähe verflossenen Zeit leicht gefunden, wenn die heliocentrische Bewegung des Planeten gleichförmig wäre. Dann nämlich würde man die Anomalie als viertes Glied einer Proportion erhalten, deren drei erste Glieder die ganze Umlaufszeit, die seit der Sonnennähe verflossene Zeit, und 360° sind. Die so gefundene Zahl heiſst: *die mittlere Anomalie (anomalia media, anomalia moyenne, mean anomaly)* des Planeten, welche also angiebt, wie weit der Planet bei gleichförmiger heliocentrischer Bewegung in seiner Bahn gelangt seyn würde, oder *den mittleren Ort* des Planeten statt seines *wahren Ortes* bestimmt.
2. Der Unterschied zwischen dieser mittleren Anomalie und der wahren Anomalie, oder zwischen dem mittleren Orte und dem wahren Orte heiſst *die Gleichung des Mittelpuncts* (aequatio centri, prostaphaeresis) und daher heiſst

---

1 Da dieser Winkel ungleich wächst, wegen der ungleichförmigen Bewegung des Planeten: so hat er seinen Namen von dieser Ungleichheit (ἀνωμαλία, Ungleichförmigkeit,) erhalten.

2 Z. B. Gauſs theoria mot. corp. coel. p. 5.

die *wahre* Anomalie auch die *coäquirte*. Von dem Zunehmen und Abnehmen dieser Gleichung läfst sich leicht Folgendes übersehen. Es sey B D A die elliptische Planetenbahn, S die Sonne; so bewegt sich der Planet in der Sonnennähe B schneller, als es einer gleichförmigen Bewegung angemessen ist, und der Planet eilt also dem Puncte vor, wohin sein mittlerer Ort ihn setzen würde; die Gleichung des Mittelpuncts ist also positiv und nach und nach zunehmend, weil die in E und den benachbarten Puncten statt findende Geschwindigkeit immer noch gröfser, als die einer gleichförmigen Bewegung angemessene, ist. Aber wenn der Planet nach D gelangt, so befindet er sich ungefähr in der Gegend seiner Bahn, wo die heliocentrische Bewegung oder die Aenderung seiner wahren Anomalie so grofs ist, als sie bei gleichförmiger heliocentrischer Bewegung seyn würde. In dem Puncte, wo dieses genau statt findet, hört das Zunehmen der Mittelpunctsgleichung auf, oder der wahre Ort, der nach und nach bedeutend vor dem mittleren voraus gekommen ist, hat jetzt seine gröfste Entfernung von dem letzteren erreicht, und der Planet, dessen Bewegung in F, A immer langsamer wird, behält nach und nach einen immer kleineren Vorsprung vor seinem mittleren Orte, bis im Augenblick der Sonnenferne, in A, mittlerer Ort und wahrer Ort zusammenfallen oder die Mittelpunctsgleichung Null wird, weil die Hälfte der Bahn B D A genau in der halben Umlaufszeit durchlaufen wird. Wenn der Planet über A hinaus, mit seiner jetzt zu geringen Geschwindigkeit nach G gelangt, so ist er nicht so weit vorgerückt, als es bei gleichförmiger heliocentrischer Bewegung der Fall seyn würde; der wahre Ort bleibt hinter dem mittleren Orte zurück, die Gleichung des Mittelpuncts ist negativ und nimmt wieder eben so bis dahin zu, wo die Aenderung des wahren Ortes so grofs ist, als es die gleichförmige Aenderung fordert; von da an nimmt sie wieder ab und verschwindet in A.

Fig. 54.

3. Um den Punct der Bahn zu bestimmen, wo die Mittelpunctsgleichung am gröfsesten ist, überlege man Folgendes: Wenn CB = a, die halbe grofse Axe CD = b, die halbe kleine Axe der Ellipse ist; so wird der Inhalt der

Ellipse durch $= a. b. \pi$ ausgedrückt, und da die Flächenräume der Sectoren den Zeiten proportional sind, (nach dem ersten Keplerschen Gesetze[1]) so ist $\frac{t.\ a\,b\,\pi}{T}$ der Ausdruck für die Fläche irgend eines in der Zeit t beschriebenen Sectors, wenn T die ganze Umlaufszeit bedeutet. Zeichnet man also mit dem Radius SH gleich der mittleren Proportionallinie zwischen a und b, $SH = \sqrt{ab}$, einen Kreis, und trägt den Bogen $Hh = \frac{t.\ 360^\circ}{T}$, und $Hh' = \frac{t.\ 360^\circ}{T}$ für einen sehr kleinen Werth von t auf; so ist der Kreis-Sector $hSH = h'SH = \frac{a\,b\,t\,\pi}{T}$ und offenbar ist der elliptische Sector $k'SH < h'SH$, und der elliptische Sector $kSH > hSH$. In jeder kleinen Zeit $= t$, die der Ankunft in H vorhergeht, ist also der vom Planeten durchlaufene Bogen etwas gröfser als k'H, oder die Aenderung seiner wahren Anomalie gröfser als die Aenderung seiner mittleren Anomalie, statt dafs nach der Ankunft in H das Umgekehrte statt findet, weil nämlich der wirklich beschriebene Sector in jenem Falle $= HSh'$, in diesem Falle $= HSh$ seyn mufs. Der Punct H also, für welchen die Entfernung von der Sonne $= \sqrt{ab}$ ist, wird genau als derjenige bezeichnet, wo die Aenderung der Anomalie der gleichförmigen heliocentrischen Bewegung gleich und folglich die Mittelpunctsgleichung am gröfsesten ist.

4. Um die wahre Anomalie in jedem Augenblicke zu bestimmen, müfste man aus dem gegebnen Flächenraume des Sectors BSE, den Winkel BSE finden können; denn die Gröfse der Fläche ist der Zeit proportional, also für jeden gegebnen Zeitpunct als bekannt anzusehen. Dieses Problem, den Winkel BSE aus der Gröfse des elliptischen Sectors zu finden, heifst *das Keplersche Problem,* weil Kepler es zuerst[2] vorlegte, und zu einer indi-

---

1 Vergl. d. Art. *Bahn* eines Planeten I. 6.

2 Astron. nova αἰτιολογητός, seu comm. de motu stellae Martis cap. 59.

recten Auflösung gelangte. Noch jetzt ist die indirecte Auflösung die, welche sich am leichtesten übersehen läſst, und diese werde ich hier mittheilen, obgleich die Analysis auch zu einer entwickelten directen Darstellung geführt hat.

5. Da für einen jeden Zeitpunct die mittlere Anomalie als gegeben kann angesehen werden, so trage man auf dem um den Mittelpunct C der Ellipse mit dem Halbmesser CA = a gezeichneten Kreise den Bogen AX so auf, daſs ACX gleich der mittlern Anomalie sey. Denkt man sich nun zu gleicher Zeit P als den wahren Ort des Planeten, so daſs ASP seine wahre Anomalie ist, zieht durch P eine Senkrechte gegen die groſse Axe, welche in Q den Kreis trifft; so nennt man ACQ die *excentrische Anomalie*, anomalia excentrica, mit deren Hülfe man eine Gleichung zwischen der mittlern und wahren Anomalie findet.

Fig. 114.

Es sey die mittlere Anomalie ACX = m, die excentrische Anomalie ACQ = u, die wahre Anomalie ASP = ν, der Abstand der Sonne vom Mittelpuncte der Ellipse SC = ε. a, der Radius Vector SP = r, die seit der Sonnennähe verflossene Zeit = t, die ganze Umlaufszeit = T; so ist nach dem ersten Keplerschen Gesetze Sector ASPA : Inh. der Ellipse = t : T und nach der Voraussetzung für die mittlere Anomalie, auch

Sector ACX : Inh. d. Kreis. = t : T. also Sector ASPA : Sector ACX = Inh. der Ell. : Inh. des Kreis. = b : a, wenn b die halbe kleine Axe der Ellipse ist. Aber aus der Eigenschaft der Ellipse, daſs jede Ordinate NP sich zu NQ verhält, wie b zu a, ist auch bekannt, daſs

Sector ASPA : Sect. ASQA = b : a ist, folglich Sector ASQA = Sector ACX und es muſs Sector XCQ = dem Dreieck CSQ seyn, oder

$\frac{1}{2} a^2 (u - m) = \frac{1}{2} a^2 \varepsilon \text{ Sin. } u.$

das ist $m = u - \varepsilon. \text{ Sin. } u$,

wo m, u als Bogen in Theilen des Halbmessers ausgedrückt werden müssen. Diese Gleichung dient zwar eigentlich nur, um aus der gegebnen excentrischen Anomalie die mittlere zu finden, aber indirect, indem man

für u nahe richtige Werthe setzt, und daraus die genauen Werthe herleitet, kann sie auch dienen, u aus dem gegebenen m zu bestimmen. Gaufs[1] selbst zieht diese indirecte Methode der Reihen-Entwickelung vor.

6. Aus u aber läfst sich ν leicht finden. Trägt man nämlich $Sm = SP = r$ auf der Haupt-Axe auf und zieht Pm, BQ, so ist $PmS = \frac{1}{2}\nu$,

$QBS = \frac{1}{2}u$;

$NQ = BN. \text{Tang.} \frac{1}{2}u$,

$NP = mN. \text{Tang.} \frac{1}{2}\nu$,

oder $\frac{NP}{NQ} = \frac{(r + x - a.\varepsilon)\ \text{Tang.} \frac{1}{2}\nu}{(a + x)\ \text{Tang.} \frac{1}{2}u}$

wenn ich $CN = x$ nenne;

da nun $\frac{NP}{NQ} = \frac{b}{a} = \sqrt{(1 - \varepsilon^2)}$ ist, und $r + x - a.\varepsilon = (a + x)(1 - \varepsilon)$, so wird $\text{Tang.} \frac{1}{2}\nu = \frac{\sqrt{(1+\varepsilon)}}{\sqrt{(1-\varepsilon)}}$ $\text{Tang.} \frac{1}{2}u$. Vermittelst dieser beiden Gleichungen wird also die excentrische Anomalie aus der mittleren, und die wahre aus der excentrischen bestimmt[2].

Eine directe Auflösung des Keplerschen Problems ist nur durch Entwickelung in Reihen möglich[3].

7. Die gröfste Gleichung des Mittelpunctes wird leicht aus der gegebnen Excentricität der Bahn gefunden[4].

8. Das Bisherige betraf die Bewegung in der Ellipse; in der Parabel findet man die wahre Anomalie leichter. Auch hier sind die vom Radius Vector beschriebenen Flächenräume der Zeit proportional, und man hat daher, wenn S die Sonne, AS die Hauptaxe ist, den Winkel $PSA = \nu$, sobald man ihn durch den Flächenraum angeben kann. Da nun in der Parabel $SP = r$, durch $r = q\ \text{Sec.}^2 \frac{1}{2}\nu$ Fig. 55.

1 Theor. mot. corp. coel. p. 10.

2 Die hier gebrauchten geometr. Sätze kann man nachsehen in meinem Lehrb. d. höhern Geom. (Leipz. Kummer) 1 Th. §. 171. 175. 222.

3 Schuberts theoret. Astron. 2 Th. 3 Absch. 7. Cap. Laplace mec. cel. Livre II. Chap. 3. §. 20. 22. Schubert im Astron. Jahrb. 1820. 114. 229. u. Degen daselbst für 1821. S. 88.

4 Gaufs p. 16.

ausgedrückt wird, wenn q der Abstand SA in der Sonnennähe ist; so hat man den Sector $= \frac{1}{2} \int r^2 d\nu = \frac{1}{2} q^2 \int d\nu . \text{Sec.}^4 \frac{1}{2}\nu = q^2 \int \{ 1 + \text{Tang.}^2 \frac{1}{2}\nu \} . d. (\text{Tang.} \frac{1}{2}\nu) = q^2 \{ \text{Tang.} \frac{1}{2}\nu + \frac{1}{3} \text{Tang.}^3 \frac{1}{2}\nu \}$. Um aus diesem Werthe bequemer ν zu finden, hat man Tafeln berechnet, unter denen die Barkersche[1] die bequemste ist. Sie enthält unter dem Titel: *Mittlere Bewegung*, den Werth von $75. \{ \text{Tang.} \frac{1}{2}\nu + \frac{1}{3} \text{Tang.}^3 \frac{1}{2}\nu \}$ für jeden Werth von ν angegeben, und der parabolische Sector $=$ S ist also, wenn ich jene Zahl der Tafel $=$ B nenne: $S = q^2 . \frac{B}{75}$. Der Sector ist aber der Zeit proportional $=$ A. t, also $t = \frac{q^2 . B}{A. 75}$, wo A eine für jede Kometenbahn gegebene Gröfse ist. In dem Artikel: Bahn eines Planeten oder Kometen, (unter II. 7.) ist gezeigt, dafs $S = m. t \sqrt{29}$ ist, wenn m die dort angegebne constante Zahl bedeutet, also ist hier $A = m \sqrt{29}$, $t = \frac{B. \quad q^{\frac{3}{2}}}{75. m. \sqrt{2}}$.

oder für $t = 1$ Tag, ist

$B = \frac{75. m. \sqrt{2}}{q^{\frac{3}{2}}}$, und dieses ist es, was man *mittlere tägliche Bewegung* nennt. — Die constante Zahl $75. m. \sqrt{2}$, deren Logarithme $= 9,9601283$, ist *die mittlere tägliche Bewegung* desjenigen Kometen, der in seinem Perihelio so weit von der Sonne ist, als die Erde in ihrer mittlern Entfernung von der Sonne.

9. Der Grund, warum in der Barkerschen Tafel der Multiplicator 75 gewählt oder $75. S = q^2 . B$, gesetzt ist, läfst sich hieraus leicht übersehen. Für $\nu = 90°$, wird die Gröfse des Sectors zufolge der Integration $= \frac{4}{3} q^2$, und dieses $= 100$ gesetzt, für $q = 1$, oder für den Kometen, dessen kleinster Abstand dem mittlern Abstande der Erde von der Sonne gleich ist, giebt jene Bestimmung. Ein solcher Komet würde in 109,61543 Tagen zur Anomalie $= 90$ Grade gelangen, und die in einem

1 Die in Olbers Methode die Bahn eines Kometen zu berechnen (Weimar 1797.) Taf. IV. abgedruckt ist.

Tage beschriebene Fläche ist also für ihn $= \frac{100}{109,61513}$ $= 0,9122802$, welches aber die Zahl ist, die $= 75$. m. $\sqrt{2}$. war[1].

10. Wie man die Anomalie in einer nicht sehr von der Parabel abweichenden Ellipse bestimmt, haben Olbers und Bessel gezeigt[2]. *B.*

Anthrakometer.

Kohlensäuremesser; (von ἄνθραξ die Kohle und μετρέω ich messe) ist ein Werkzeug, welches A. v. Humboldt[3] angegeben hat, zunächst um die Quantität der in der atmosphärischen Luft befindlichen Kohlensäure aufzufinden, im Allgemeinen aber auch um die Anwesenheit und Menge dieser Gasart in sonstigen Mengungen expansibeler Flüssigkeiten zu erkennen und zu messen. Dasselbe besteht aus einer krumm gebogenen Glasröhre mit einer Kugel und am andern Ende mit einer messingnen Fassung, in welche die Kohlensäure gebracht, und durch Kalkwasser, oder kaustisches Kali absorbirt wird. Indem aber dieser Apparat zunächst unter die chemischen gehört und man aufserdem den Kohlensäuregehalt der Gasarten mit gleicher Leichtigkeit und Sicherheit vermittelst jeder graduirten Glasröhre durch etwas hineingebrachtes kaustisches Kali, Ammoniak, oder Kalkwasser u. s. w. finden kann; so ist eine nähere Beschreibung hier überflüssig. *M.*

Antimon.

Antimonium; Spiefsglanzmetall; *Antimonium, regulus antimonii; stibium*; Antimoine; *Antimony*. Dieses Metall kommt vorzüglich in Verbindung mit Schwefel, als Grauspiefsglanzerz in der Natur vor, und wird hieraus theils durch Rösten und nachheriges Schmelzen mit Weinstein, theils durch unmittelbares Schmelzen mit schwarzem Flufs oder mit Eisen gewonnen.

---

1 Genaue praktische Anleitung zur Rechnung findet man bei Olbers. in Anhang S. 69.

2 In den im Art. *Bahn* II. 15. angeführten Schriften.

3 Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises u. s. w. Brsch. 1799. 8. Vergl. G. III. 77.

Es hat ein ausgezeichnet blättriges Gefüge, ein spec. Gew. von 6,700, ist sehr spröde und nicht sehr hart, schmilzt bei einer mäſsigen Rothglühhitze und verdampft in einer höheren Temperatur.

Auſser einem noch zweifelhaften Antimonsuboxyd, welches am wenigsten Sauerstoff enthält, sind folgende 3 Oxydationsstufen des Antimon's anzunehmen.

1. *Antimonoxydul* (64 Antimon auf 12 Sauerstoff). Gelblich weiſs, leicht schmelzbar, in höherer Temperatur verdampfend. Aus seiner Verbindung mit den Säuren entstehen die Antimonoxydulsalze, welche, wenn sie im Wasser löslich sind, mit Zink einen schwarzen metallischen, mit Hydrothionsäure einen pommeranzenfarbigen Niederschlag geben, oft auch durch Verdünnung mit Wasser gefüllt werden, und denen die Brechen-erregende Wirkung des Antimons in vorzüglich hohem Grade zukömmt. Die gebräuchlichsten Antimonoxydulsalze sind: das hydrothionsaure Antimonoxydul (Mineralkermes) das hydrothionigsaure Antimonoxydul (goldfarbiger Spieſsglanzschwefel) und das weinsaure Antimonoxydul-Kali (Brechweinstein).
2. *Antimonige Säure* (64 Antimon auf 16 Sauerstoff). Sie bildet sich beim Verbrennen des Antimon's an der Luft in Gestalt von weiſsen Nadeln und Flocken (Spieſsglanzblumen), ist weder im Wasser noch in Säuren (auſser in concentrirter Salzsäure) löslich, und wird wegen ihrer Fähigkeit, mit einigen Salzbasen Verbindungen einzugehen, als eine sehr schwache Säure betrachtet.
3. *Antimonsäure* (64 Antimon auf 20 Sauerstoff). Beim Glühen des Antimon's mit Salpeter bildet sich Antimonsaures Kali, aus dessen Auflösung in Wasser man durch Salpetersäure das weiſse Hydrat der Antimonsäure niederschlagen kann; dieses liefert dann beim gelinden Erhitzen die strohgelbe Antimonsäure. Dieselbe hat mit vielen andern metallischen Substanzen (Zinkoxyd, Quecksilberoxyd, Eisenoxyd, Chromoxydul, Zinnober u. s. w.) die Eigenschaft gemein, bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene Farbe zu zeigen, und zwar ist sie in der Kälte strohgelb, wird beim Erhitzen pomeranzen-

und bräunlichgelb, und nimmt beim Erkalten wieder die ursprüngliche Farbe an. Sie verhält sich gegen Wasser, Säuren und Salzbasen der Antimonigen Säure ähnlich, und bildet mit den letzteren die Antimonsauren Salze. Mit Chlor bildet das Antimon das *Chlorantimon*, welches sich in ganz wasserfreiem Zustande als ein sehr leicht verdampfbares, rauchendes, sehr schweres Oel darstellt, (Spiefsglanzöl) beim Zutritt von wenig Wasser jedoch in eine feste krystallinische, minder flüchtige Materie übergeht, welche in mäfsiger Wärme schmilzt. (Spiefsglanzbutter).

In Verbindung mit Schwefel (64 Antimone auf 24 Schwefel) bildet das Antimon die bekannte metallglänzende, spröde, leicht schmelzbare Materie, welche in der Mineralogie *Grauspiefsglanzerz*, und nach dem Ausschmelzen aus der Bergart Spiefsglanz, roher Spiefsglanz genannt wird.

Aus der Vereinigung dieses Schwefelantimon's mit verschiedenen Mengen von Antimonoxydul entspringt das Spiefsglanzglas und der Metallsafran, und aus seiner Vereinigung mit Schwefelkalium oder Schwefelnatrium die Spiefsglanzleber. *G.*

Anwandelungen.

Anwandelungen des leichteren Durchgangs oder der leichteren Zurückwerfung; *Accessus* oder *vices facilioris transmissus aut facilioris reflexionis;* Accès de facile transmission, accès de facile réflexion; *Fits of easy Transmission or of easy Reflexion.* Eine Reihe von Erscheinungen, von denen ich sogleich die wichtigsten erwähnen werde, bewogen Newton anzunehmen, dafs jedes Lichttheilchen, welches durch eine brechende Fläche in eine andre Materie eingetreten ist, in diesem Durchgange durch die brechende Fläche eine gewisse vorübergehende, aber periodisch wieder eintretende Disposition erlangt habe, vermöge welcher es, wenn es während derselben eine neue brechende Fläche erreicht, leicht durch diese hindurch geht, statt dafs es, wenn es in den Zwischenzeiten, wo diese Disposition nicht statt findet, an eine neue brechende Fläche gelangt, leichter, ob-

gleich nicht nothwendig, zurückgeworfen wird[1]. Diese periodisch wechselnden Zustände sind das, was man Anwandelungen nennt. Der Raum, welcher das Lichttheilchen durchläuft zwischen dem Eintreten gleicher Zustände heifst *der Zwischenraum der Anwandelungen*, Intervallum vicium, l'intervalle des accès, Interval of Fits, oder auch *die Länge einer Anwandlung*[2] longueur de chaque accès.

Erscheinungen, welche Newton auf diese Anwandelungen führten.

2. Newton bediente sich, um diese Erscheinungen hervorzubringen, vorzüglich zweier Objectivgläser, eines convex-convexen, dessen Oberflächen Theile sehr grofser Kugelflächen waren, und eines planconvexen Glases. Das letztere wurde mit seiner ebenen Seite auf jenes gelegt, und indem man es nun nach und nach immer stärker an dasselbe andrückte, zeigten sich um den Mittelpunct Farbenringe, die sich bei Zunahme des Druckes erweiterten und immer neue Farben darboten. War nämlich bei mäfsigem Drucke eine Farbe in der Mitte hervorgegangen, so breitete diese sich bei etwas verstärktem Drucke weiter aus, bis in der Mitte eine neue Farbe entstand, wo dann jene erste einen Ring um diese zweite bildete. Bei noch mehr verstärktem Drucke wurde der Durchmesser dieses Ringes gröfser, während seine Breite abnahm, und es entstand nun in der Mitte ein neuer farbiger Kreis, den zunächst ein Ring von der eben aus der Mitte gleichsam verdrängten Farbe umgab, welchen ein zweiter Ring von der ersten Farbe umfaste. So entstanden bei zunehmendem Drucke nach und nach in der Mitte immer neue Farben, um welche sich die nach und nach aus der Mitte verdrängten Farben als Ringe

---

1 Newton hat diesen Gegenstand umständlich in seinem Werke: Optice, sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis abgehandelt, wo das zweite Buch diesen Gegenstand betrifft. Manche Erläuterungen findet man in Biot Traité de Physique. Tome IV. Chap. 4. Diesen beiden Schriftstellern werde ich hier vorzüglich folgen.

2 Nach Biot.

in derselben Ordnung zeigten, bis endlich in der Mitte ein schwarzer Fleck, umgeben mit jenen Farbenringen hervorging. Bei nachlassendem Drucke zeigten sich alle diese Erscheinungen in entgegengesetzter Ordnung. Jener schwarze Fleck entstand dadurch, dafs da, wo bei starkem Drucke die Gläser sich innig berührten, die Lichtstrahlen fast gar nicht zurückgeworfen wurden, sondern fast so frei durchgingen, als ob es nur eine einzige Glasmasse wäre.

Die Farbenringe folgten einander in dieser Ordnung: den *schwarzen Kreis* in der Mitte umgab ein *blauer*, dann ein *weifser*, *rother*, *gelber* Ring; der blaue Ring war schwach, der rothe und gelbe waren sehr deutlich und eben so breit als der weifse, nämlich vier bis fünf mal so breit, als der blaue. Diese Farbenringe umschlofs eine zweite Farbenfolge, *Violett, Blau, Grün, Gelb, Roth*; diese Farben waren alle breit und hell, blofs mit Ausnahme des Grünen, welches verwaschen und schmal erschien; unter den übrigen Ringe war der violette am schmälsten, der blaue breiter, der gelbe und rothe noch breiter. Die dritte Farbenfolge zeigte *Purpur, Blau, Grün, Gelb, Roth*; das Purpur war röther als das Violett der vorigen Reihe, das Grün war lebhafter als dort, und stand an Intensität nur dem Gelben nach, das Roth war verwaschener und ging in Purpur über. Die vierte Farbenreihe bestand aus Grün und Roth, — ein lebhaftes Grün, das an der einen Seite bläulich, an der andern gelblich war, das Roth dagegen unvollkommen und matt. Die folgenden Farben waren noch verwaschener, bis sie nach drei oder vier neuen Wiederholungen in Weifs übergingen[1].
3. Um die *Dicke der Luftschichten* zu bestimmen, wo sich

---

1 Herschel bestätiget die genaue Richtigkeit dieser Beob. Philos. Transact. for 1807. p. 182. 196.

Um diese Erscheinungen wenigstens zu sehen, reicht schon ein gewöhnliches Brennglas von nicht zu geringer Brennweite hin. Drückt man dieses fest an ein ebenes Glas, so sieht man sogleich ein schwarzes Fleckchen, welches durch eine vergröfsernde Linse besehen, mit mehrern hellen und dunkeln Ringen umgeben erscheint, deren Farben bei sehr schwachem Drucke am deutlichsten werden.

bei unveränderter Lage des Auges diese Ringe zeigten, bestimmte Newton die Durchmesser der sechs ersten Farbenfolgen. Er nahm nämlich zuerst die Durchmesser der Ringe, die am glänzendsten erschienen, (das heifst des Kreises, der in der Mitte des Weifs, in der Mitte des Gelb, in der Mitte des folgenden Gelb u. s. w. lag,) und fand, dafs die Quadrate der so gefundenen Zahlen sich wie 1, 3, 5, 7, 9, 11 verhielten. Da nun der Abstand eines Kreises von seiner Tangente auch dem Quadrate der Entfernung vom Berührungspuncte proportional ist, so ergab sich hieraus, dafs die Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 die verhältnifsmäfsige Dicke der Luftschichten für die Stelle ausdrückten, wo der erste helle Ring u. s. w. erschien. Ebenso wurden auch die Durchmesser der dunkelsten Theile jeder Farbenfolge (diese dunkeln Ringe fallen mit dem Violett und Blau zusammen) gemessen und so gefunden, dafs ihre Quadrate sich wie 2, 4, 6, 8, 10, 12 verhielten. Diese Messungen wurden mehrmals und bei verschiedenen Gläsern wiederholt, und gaben im Wesentlichen immer dasselbe.

4. Da der Durchmesser der Kugel bekannt war, zu welcher die Oberfläche des einen Objectivs gehörte und die Oberfläche des andern eben war, so liefs sich aus den Durchmessern der Ringe die zugehörige Dicke der Luftschichten berechnen. Diese ergab sich aus einem Mittel mehrerer, und an verschiedenen Gläsern angestellter Messungen $= \frac{1}{89000}$ Zoll für den ersten dunkeln Ring, also $= \frac{1}{178000}$ Zoll für den ersten hellen Ring; und wenn man diese letztere Zahl mit 1, 3, 5, 7, 9, 11 multiplicirt, so erhält man die Dicke der Luftschichten für die sechs ersten hellen Ringe für die Stellen, wo sie am glänzendsten sind, statt dafs die Zahlen $\frac{2}{178000}$, $\frac{4}{178000}$ und so ferner die Dicke der Luftschichten für die dunkelsten Stellen der dunklern Ringe geben[1].

5. Die Ringe änderten ihre Gröfse, wenn *das Auge eine andre Stellung* erhielt; sie vergröfserten sich nämlich, je

1 Bei den Messungen sind einige Correctionen nöthig, die ich hier nicht anführe, die aber Newton obs. 6. erwähnt.

schiefer die Richtung der Strahlen war, oder je mehr sich das Auge von der senkrechten Stellung über dem Glase entfernte. Die eben angegebnen Dicken der Luftschichten gelten für senkrechte Strahlen; bei schief auffallenden Strahlen rücken aber die Ringe derselben Ordnung oder derselben Farbenfolge zu andern Stellen, zu dickern Luftschichten fort und entstehen zum Beispiel für einen Einfallswinkel von 30 Graden, da wo die Luftschicht etwa $1\frac{2}{3}$ mal so dick, für einen Einfallswinkel von 40 Graden, da wo die Luftschicht 8,4 mal so dick ist, als an der Stelle, wo sie bei senkrecht auffallenden Strahlen beobachtet werden. Newton sowohl als Biot haben eine den Beobachtungen entsprechende analytische Formel angegeben, die das Gesetz dieser nach dem Einfallswinkel veränderlichen Dicke ausdrückt[1].

Diese Beobachtungen zeigen zugleich, dafs die Farben der Ringe klarer hervortreten, je mehr man sie in einer geneigten Stellung des Auges betrachtet, was sich, da die Farben nicht auf einen so engen Raum beschränkt sind, und sich nicht so in einander verlieren, wohl erklären läfst.

Man bemerkt bei diesen Beobachtungen auch eine geringere Vergröfserung des schwarzen Fleckes in der Mitte, wodurch sich zeigt, dafs nicht blofs da, wo die Gläser sich innig berühren, sondern auch da, wo schon eine ungemein dünne Luftschicht zwischen ihnen liegt, die Lichtstrahlen gar nicht oder doch nur wenig zurückgeworfen werden. Hieraus erklärt sich dann auch, warum, selbst bei senkrecht auffallenden Strahlen die Gröfse des schwarzen Fleckes mehr beträgt, als für die eigentliche Berührung beider Gläser statt finden könnte.

6. Die bisher betrachteten Ringe entstanden durch *zurückgeworfenes* Licht; aber ganz ähnliche Ringe zeigten sich auch, wenn man durch jene auf einander gelegten Objectivgläser *hindurch sah.* Hier beobachtete man in der Mitte einen *weifsen kreisförmigen Fleck*, und die Farbenringe folgten einander von der Mitte an in dieser Ordnung: *roth* ins gelbliche fallend, *schwarz; violett, blau, weifs, gelb, roth; violett,*

1 Newton. observ. 7. und Biot. p. 27.

blau, *grün*, *gelb*, *roth*, und so weiter. Diese Farben waren matt und traten nur bei sehr schief auffallenden Strahlen lebhafter hervor. Bei genauerer Beobachtung zeigte sich, dafs diese vermittelst der Durchlassung gesehenen Farben, dem Orte nach, den vermittelst der Zurückwerfung erscheinenden so entsprachen, dafs das *Weifs* dem *Schwarz*, das *Roth* dem *Blau*, das *Gelb* dem *Violett*, das *Grün* einer aus *Roth* und *Violett* gemischten Farbe gegenüber lag, das heifst: eben die Puncte, welche dem *auf* die Gläser blickenden Auge weifs erschienen, wurden von dem *durch* die Gläser sehenden Auge schwarz gesehen, und eben so sah jenes Auge an eben der Stelle gelb, wo dieses violett sah und so ferner. Die Figur zeigt dies am besten, und es geben da die oben stehenden Worte die zurückgeworfnen, die unten stehenden Worte die durchgelassenen Strahlen an. Fig. 56.

7. Eben solche Ringe, wie hier die Zurückwerfung und Durchlassung sie bei dünnen Luftschichten ergiebt, entstehen auch, wenn man einen Wassertropfen zwischen die Gläser bringt. Diese Ringe sind aber kleiner und wenn man die Abmessungen so wie vorhin und an Ringen von eben der Ordnung wiederholt, so findet man, dafs die Durchmesser etwa $\frac{7}{8}$ der vorigen betrugen, das ist, (da $\frac{49}{64}$ beinahe $= \frac{3}{4}$), dafs die Dicke der Wasserschicht, welche einem gewissen Farbenringe zugehört, sich zur Dicke der Luftschicht, welche eben die Farbe in eben der Ordnung der Farbenfolgen darstellt, wie 3 zu 4 verhält, welches gerade das Brechungsverhältnifs für Luft und Wasser ist.

Um sich hier recht in die Augen fallend zu überzeugen, dafs man wirklich dieselbe Farbenreihe in beiden Fällen erhalte, kann man es, wenn die Gläser recht trocken sind, so einrichten, dafs der Wassertropfen nur von einer Seite her gegen die Mitte autritt; dann erscheinen die gröfseren Ringe, da wo die Gläser trocken bleiben, zugleich mit den kleineren die durch die Wasserschicht hervorgebracht werden, und man kann leicht beobachten, die wievielte Farbenfolge in jenen Ringen mit einer bestimmten Farbenfolge in diesen

Ringen zusammentrifft, woraus denn das Verhältnifs der Durchmesser hervorgeht[1].

Aus dem hiedurch gefundenen Verhältnifs der Dicken für Wasserschichten und Luftschichten, läfst sich nun wohl der allgemeine Schlufs ziehen, dafs bei verschiedenen Materien, welche jene Schichten oder Lamellen oder Blättchen bilden, eine bestimmte Farbe irgend einer bestimmten Ordnung sich allemal da zeigen mufs, wo die Dicke der Schicht durch n.e ausgedrückt wird, wenn e die Dicke der Luftschicht für eben die Farbe und n das Brechungsverhältnifs für den Uebergang aus Luft in diese Materie bezeichnet.

8. Aehnliche Erscheinungen, wie die bisher beschriebenen zeigen sich uns auch da, wo durch andre Mittel eine dünne Wasserschicht den auffallenden Lichtstrahlen ausgesetzt wird. Die *Blasen von Seifenwasser* passen sich, weil sie, zumal wenn sie gegen Luftzug geschützt werden, ziemlich lange bestehen, recht gut, um die Farbenringe an ihnen zu beobachten. Bei ihnen sind die Farbenringe schöner als bei den vorhin beschriebenen Versuchen, und die Folge der Ringe und selbst der Wechsel der Farben stimmt ganz mit dem überein, was wir bisher betrachtet haben. Es läfst sich wohl einsehen, dafs eine auf der Oberfläche des Wassers schwimmende halbkugelförmige Seifenblase an dem Gipfel aus einer sehr dünnen Wasserschicht, die herabwärts immer dicker wird, bestehen mufs; bei längerem ganz ruhigem Bestehen der Blase wird sich oben das Wasserblättchen am meisten verdünnen, indem das Wasser sich an den Seiten herabsenkt, auch die Seitenwände werden aus eben dem Grunde allmählig dünner werden, und endlich wird die Blase an ihrem Gipfel zerspringen. Aus diesen Umständen, die bei einem ganz gleichförmigen Fluidum nicht wohl anders seyn können, lassen sich dem Vorigen gemäfs die Farben dieser Blasen erklären[2].

---

1 Diese Vergleichung hat Biot angestellt p. 32. Newtons Versuche sind in seiner observ. 10, 11.

2 Obgleich wegen der nicht vollkommenen Gleichartigkeit des Seifenwassers manche kleine Unregelmäfsigkeiten vorkommen, die New-

Wenn man die Blasen von oben betrachtet, oder das von ihnen zurückgeworfene Licht wahrnimmt, so zeigen sich an ihnen die Farben auf folgende Weise: die Farbenringe umgeben den Gipfel der Blase concentrisch, und nach und nach (offenbar weil die Dicke der Lamelle an einer bestimmten Stelle abnimmt, oder dieselbe Dicke allmählig hinabwärts rückt,) geht der Farbenring, den man an einer gewissen Stelle beobachtete, zu tiefer liegenden Stellen über. So entstehen nach und nach am Gipfel der Blase andere Farben, die sich später vom Gipfel entfernen und neuen Farben Raum machen, bis zuletzt sich ein schwarzer Fleck am Gipfel zeigt, der ein Vorbote des Zerspringens ist. Dieser schwarze Fleck scheint, obenhin angesehen, gar kein Licht zurückzuwerfen; aber bei genauerer Betrachtung sieht man doch, dafs zwar wenig Licht, aber doch etwas allerdings zurückgeworfen wird.

Um die Ringe am besten zu sehen, mufs man sich so stellen, dafs die Blasen vor einem dunkeln Hintergrunde erscheinen, und das Licht weifser Wolken von ihnen zurückgeworfen werde; dann folgen die Farben vom Rande her einander in dieser Ordnung: *roth, blau; roth, blau; roth, blau; roth, grün; roth, gelb, grün, blau, purpur; roth, gelb, grün, blau, violett; roth, gelb, weifs, blau, schwarz.* — Das letzte Schwarz bildet den Gipfel und man sieht leicht, dafs die *Farbenfolge genau dieselbe ist*, wie (No. 2) bei den dünnen Luftschichten [1]. Auch hier erweiterten sich die Ringe, wenn die Lichtstrahlen schief auffielen, jedoch nicht so stark, als bei den oben erzählten Versuchen [2].

Die durchgelassenen Strahlen zeigten auch hier die Farbe, welche der Farbe der zurückgeworfenen entgegengesetzt ist, zum Beispiel, wenn eine Blase von oben her gesehen *blau* am Rande erschien, so zeigte sie sich *roth* am Rande, wenn man durch sie hindurch sah, und umgekehrt [3].

---

ton auch erwähnt; (obs. 17.) so ist doch das Folgende als der eigentliche, regelmäfsige Verlauf der Erscheinungen anzusehen.

1 Newton. obs. 18.

2 Newton. obs. 19.

3 Newton. obs. 20.

9. Die bisher betrachteten Erscheinungen zeigen sich, wenn das gewöhnliche Tageslicht auf die Luftschicht oder Wasserschicht auffällt; da sich aber hierbei verschiedene Farben zeigen, so mufste Newton sehr bald zu dem Gedanken geleitet werden, dafs er die Erscheinung noch nicht in ihrer einfachsten Form dargestellt habe, und dafs es nothwendig sey, sie so zu beobachten, wie sie sich beim Auffallen einfacher Farbenstrahlen darstelle.

Er wiederholte daher die Versuche mit den auf einander gelegten Gläsern im verdunkelten Zimmer, wo er mit Hülfe des Prisma's die Beobachtung in Beziehung auf jede Art farbigen Lichtes anstellen konnte. Er stellte hier, um die durch Zurückwerfung entstehenden Farbenringe zu beobachten, das Auge so, dafs er ein mit einfarbigem Lichte erhelltes, weifses Papier abgespiegelt in den Gläsern sah; und um die durch hindurchgelassene Strahlen entstehenden Ringe zu beobachten, liefs er die aus dem Prisma hervorgehenden Farbenstrahlen geradezu auf die Gläser fallen, und beobachtete die auf einem hinter dem Glase gehaltenen weifsen Papiere sich darstellenden Ringe.

Hier zeigte sich nun zwar eine eben solche Folge von Ringen, aber diese Ringe, sowohl die durch Zurückwerfung als die vermöge der durchgelassenen Strahlen entstehenden zeigten nur die *eine* Farbe, die man auffallen liefs. Diese Ringe waren deutlicher und ihre Anzahl gröfser, als bei den Versuchen im offenen Lichte. Zwischen diesen gefärbten Ringen erschienen *dunkle Zwischenräume*[1], und wenn man die durch Zurückwerfung gesehenen Ringe mit denen, die von durchgelassenen Strahlen derselben Farbe hervorgebracht wurden, verglich, so fand sich, dafs die letztern den dunkeln Zwischenräumen jener entsprachen, und umgekehrt. Wenn man die auffallende Farbe änderte, das ist durch Drehung des Prisma's auf das Papier oder auf die Gläser einen anders gefärbten Strahl fallen liefs, so veränderte sich die Gröfse der Ringe und zwar so, dafs sie am gröfsten waren für die äufsersten Grenze des rothen Lichtes und sich allmählig verkleinerten bis zur äufsersten Grenze des

1 Newton nennt sie nigra interordinia. obs. 15.

violetten Lichtes, in dem Maſse, daſs die Zwischenräume der Gläser oder die Dicke der Luftschichten sich in beiden äuſsersten Fällen verhielt wie 14 zu 9[1].

Die Abmessungen der einzelnen gleich gefärbten Ringe fanden sich auch hier dem entsprechend, was im vollen Lichte in Beziehung auf die hellsten und dunkelsten Kreise angegeben ist, nämlich daſs die Quadrate der Zahlen, welche die Halbmesser der glänzenden Ringe ausdrückten, (oder vielmehr des glänzendsten Theiles dieser Farbenringe, die nach beiden Seiten hin ein abnehmendes Licht zeigten, und so in das Dunkel der angrenzenden Ringe übergingen,) sich wie 1, 3, 5, 7, etc. verhielten, und die Quadrate der Halbmesser der dunkeln Ringe wie 2, 4, 6, etc. Die durch gelbe Strahlen hervorgebrachten Ringe hatten sehr genau eben den Durchmesser wie die hellste Gegend oder das Gelb der Ringe, die man im offenen Tageslichte sah, oder dem Gelb entsprachen eben die Dicken der Luftschichten, die in Nr. 4 angegeben sind[2]. Um aber die den verschiedenen Farben entsprechenden Erweiterungen oder Verengerungen der Ringe zu bestimmen, wurde die Veränderung des Durchmessers, die irgend ein bestimmter Ring erlitt, beobachtet; diese Aenderung war am bedeutendsten, wenn man bei der Drehung des Prisma's von der einen Grenze des Roth bis zur andern Grenze des Roth fortging, und am geringsten, wenn man von der einen Grenze des Violett bis zur andern Grenze des Violett fortging. Die ganze Reihe der Versuche aber schien Folgendes zu ergeben[3]: Wenn man die Dicke der Luftschichten berechnet, welche den Grenzen der sieben Farben, roth, orange, gelb, grün, blau, indigoblau, violett, entsprechen, so stimmen diese Dicken für die acht Grenzen mit dem Verhältniſs der Cubikwurzeln aus den Quadraten der Zahlen 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ überein[4]. Hiernach

---

1 Newton. obs. 13.

2 Newton. obs. 16.

3 Newton sagt sehr bescheiden: hinc id mihi colligere videor; in obs. 24.

4 Diese Zahlen haben eine Uebereinstimmung mit den Saitenlängen der musikalischen Tonleiter, und man kann sich daher des Gedankens nicht erwehren, daſs Newton vielleicht hier der Neigung eine Ue-

müfste also, wenn in einer gewissen Farbenfolge e die Dicke der Luftschicht bedeutet, für den innern Rand des Ringes, den die äufsersten rothen Strahlen bilden, diese Dicke seyn $= 0,9243 \cdot e = e \sqrt[3]{(\frac{8}{9})^2}$ für den innern Rand des Ringes, welchen Strahlen an der Grenze des Roth und Orange bilden u. s. w.

10. Diese Beobachtungen setzen uns nun in Stand, den Ort aller einzelnen Farbenringe, so wie sie entstehen, wenn jede Farbe, unvermischt mit andern, vorhanden ist, anzugeben und daraus zu berechnen, ob sich denn die Farbenringe, die sich im vollen Tageslichte zeigten, an eben den Stellen finden, die ihnen hiernach zukommen würden. Wenn wir nämlich die Dicke der Luftschicht = e nennen für den Ort, wo eine gewisse Farbe den ersten durch Zurückwerfung entstehenden Ring am glänzendsten zeigt, so ist für die Mitte des nächsten dunklen Zwischenraumes die Dicke $= 2e$, für die Mitte des nächsten farbigen Ringes $= 3e$ und so ferner, und es läfst sich leicht übersehen, dafs der innere Rand des ersten Ringes mit der Dicke $= \frac{1}{2}e$, der äufsere Rand mit der Dicke $= \frac{3}{2}e$, der innere Rand des zweiten Ringes mit der Dicke $= \frac{5}{2}e$, der äufsere Rand desselben mit der Dicke $= \frac{7}{2}e$ zusammen gehört. War nun ferner e die Dicke der Luftschicht für den hellsten Theil des ersten Ringes, der durch die rothen, die äufserste Grenze des Farbenbildes ausmachenden Strahlen dargestellt wird, so ist $e \sqrt[3]{\frac{64}{81}} = e. 0,9243$ die Dicke der Luftschicht für den hellsten Ring, den ein an der Gränze des Roth und Orange liegender Farbenstrahl als den ersten durch Zurückwerfung bildet, und eben so sind 0,8855. e für die Grenze des Orange nnd Gelb, 0,8255. e für die Grenze des Gelb und Grün, 0,7631. e für die Grenze des Grün und Himmelblau, 0,7114. e für die Grenze des Himmelblau und Indigoblau, 0,6814. e für die Grenze des Indigo und Violett, 0,6300. e für die äufserste Grenze des Farbenbildes die dem ersten Ringe entsprechenden Dicken.

bereinstimmung zwischen Farben und Tönen zu finden, etwas zu sehr nachgab; indefs zeigen die folgenden Vergleichungen, dafs diese Zahlen nicht viel von der Wahrheit abweichen können.

Für die Grenze des Gelb und Orange giebt NEWTON diese Dicke $= \frac{1}{178000}$ Zoll oder $= 5,618$ Milliontel Zoll an, als angehörend dem glänzendsten Orte des ersten Ringes, und hieraus lassen sich nun die Dicken der Luftschichten für alle Ringe berechnen. Ich theile hier nur [1] einen Auszug aus der von Biot berechneten Tafel mit, der zu unserm Zwecke hinreicht.

Tafel für die Dicke der Luftschichten, welche den innern und äufseren Grenzen der durch bestimmte Lichtstrahlen gebildeten Ringe entsprechen, in Milliontelu des engl. Zolls

	Grnz. des Viol.	Grnz. des Viol. u. Indigo	Grnz. des Indig und Blau	Grnz. des Blau und Grün	Grnz. des Grün und Gelb	Grnz. des Gelb und Orng.	Grnz. des Orng. und Roth	Grnz. des Roth
erster Ring								
innerer Rand	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	3,2
äufserer Rand	6,0	6,5	6,8	7,3	7,9	8,4	8,8	9,5
zweiter Ring								
innerer Rand	10,0	10,8	11,3	12,1	13,1	14,0	14,7	15,9
äufserer Rand	14,0	15,1	15,8	16,9	18,3	19,7	20,5	22,2
dritter Ring								
innerer Rand	18,0	19,5	20,3	21,8	23,6	25,3	26,4	28,5
äufserer Rand	22,0	23,8	24,8	26,6	28,8	30,9	32,3	34,9
vierter Ring								
innerer Rand	26,0	28,1	29,3	31,5	34,0	36,5	38,1	41,2
äufserer Rand	30,0	32,4	33,9	36,3	39,3	42,1	44,0	47,6
fünfter Ring								
innerer Rand	34,0	36,7	38,4	41,2	44,5	47,8	49,8	53,9
äufserer Rand	38,0	41,1	42,9	46,0	49,8	53,4	55,7	60,3
sechster Ring								
innerer Rand	42,0	45,4	47,4	50,8	55,0	59,0	61,6	66,6
äufserer Rand	46,0	49,7	51,9	55,7	60,2	64,6	67,4	73,0
siebenter Ring								
innerer Rand	50,0	54,0	56,4	60,5	65,5	70,2	73,3	79,3
äufserer Rand	54,0	58,4	60,9	65,4	70,7	75,8	79,2	85,6

1 Biot. p. 53.

11. Mit Hülfe dieser Tafel läſst sich nun nachweisen, welche Farbenringe sich zeigen müssen, wenn *alle* Farbenstrahlen zugleich auffallen, oder wenn (wie in No. 2.) die auf einander gelegten Objectivgläser dem gewöhnlichen weissen Lichte ausgesetzt sind.

Wir wollen uns in der Figur, wo ED das convexe, EB das ebene Glas vorstellt, die Puncte auf EB oder eb mit 1, 2, 3, bezeichnet denken, wo der Abstand der Gläser oder die Dicke der Luftschichten 1, 2, 3 Milliontel eines Zolls u. s. w. beträgt. Da nun bis dahin, wo dieser Abstand 1,998 beträgt, noch gar kein Licht (oder wenigstens unerheblich wenig) zurückgeworfen wird, so erstreckt sich bis dahin der *schwarze Fleck.* Für den Abstand = 2 bis 2,2 werden bloſs Violett und Indigoblau reflectirt, aber da schon bei Abst. = 3, alle Strahlen zurückgeworfen werden, so kann sich nur ein ganz ſchmaler bläulicher Ring bei 2 zeigen, der sehr bald in Weiſs, als Mischung aller Farben übergeht. Von Abst. = 3,2 bis = 6,0 werden, alle Arten von Farben, wenn gleich in etwas ungleichem Maſse, zurückgeworfen, (bei Abst. = 6 würde zum Beispiel das Violett nur noch sehr schwach, das Roth in seinem höchsten Glanze seyn, und sofern kein ganz reines Weiſs mehr entstehen), und es muſs sich also bis Abstand = 6,0 ein fast völlig weiſser Ring zeigen; aber für Abstand = 8,0 werden nur noch gelbe, orange und rothe Strahlen zurückgeworfen, also ist hier der Ort des orangefarbnen Ringes, der bis Abstand = 9,0 in völliges Roth übergeht, welches sich bei Abst. = 9,5 endiget. Hier sollte nun ein sehr schmaler schwarzer Ring folgen, da für Abst. = 9,6; 9,7 und bis 10,0 gar kein Licht zurückgeworfen wird, aber wegen seiner höchst geringen Breite ist dieser schwarze Ring kaum merklich. Hiermit endiget die erste Farbenfolge. Für Abst. = 10 oder 11 werden bloſs violette und blaue Strahlen zurückgeworfen und diesen Abständen entspricht also ein blauer Ring; für Abst. = 12, = 13, = 14, mischen sich Violett, Blau, Grün, Gelb, und es muſs also ein Uebergang zum Grün sich dem Auge darstellen, und

Fig. 56.

dieses mufs bei Abstand = 15, immer klarer hervortreten, ohne doch ganz rein zu werden, weil bei keinem dieser Abstände die Mischung der zurückgeworfenen Strahlen ein ganz reines Grün giebt. Bei Abstand = 19, = 20, sind es vorzüglich nur noch die gelben und rothen Strahlen, die zurückgeworfen werden, und obgleich sich vom dritten violetten Ringe schon etwas einmischt, so wird doch hier Orange und Roth sich als vorwaltend zeigen. Bei dem Abstande = 21, = 22 mischt sich das Roth der zweiten Farbenreihe mit dem Violett der dritten Farbenreihe, und es zeigt sich daher hier ein Purpurroth. In dem Abstande = 25 sind es keine andre Farben, als das Grün und Gelb der dritten Folge, die zurückgeworfen werden, so dafs sich hier ein am äufseren Rande gelbliches Grün zeigen mufs. Bei dem Abstande = 30, mufs zwar Roth die vorwaltende Farbe seyn, aber da sich darin ein wenig Gelb des dritten und Blau des vierten Ringes mischt, so kann das Roth nicht ganz rein seyn. In dem Abstande = 35 sind es fast allein die grünen Strahlen des vierten Ringes, die zurückgeworfen werden, und dieses Grün der vierten Farbenfolge ist daher sehr lebhaft, da eine geringe Beimischung von Gelb der vierten und Violett der fünften Ordnung es nicht erheblich trüben kann. Bei Abst. = 41, = 42, = 43 dagegen ist allerdings das Roth der vierten Ordnung vorwaltend, aber mit allen Abstufungen des Blau der fünften Ordnung gemischt, und daher nicht so rein, als das Grün. Bei Abst. = 50 ist Gelb der fünften und Blau der sechsten Ordnung gemischt, also Grün die Farbe des Ringes; bei 55 ist Roth der fünften und Grün der sechsten Ordnung gemischt, also eine schmutzig aussehende Farbe hervorgebracht, die überdies schon etwas Blau der siebenten Ordnung enthält; bei Abstand = 60 mischen sich etwas Roth der fünften, Gelb der sechsten und Blau der siebenten Ordnung, und die Farben werden nun immer verwaschener.

Wenn man diese aus der Tafel heraus gelesenen Bestimmungen mit denen vergleicht, welche Newton (vergl. No. 2.) als Resultat seiner Beobachtungen angiebt, so findet man eine Uebereinstimmung, die so genau ist, als man irgend erwar-

ten dürfte [1]. Ueber die vom durchgelassenen Lichte gebildeten Kreise läfst sich nun ebenso eine Vergleichung anstellen, und es sind hierdurch alle Erscheinungen so eine aus der anderen erklärt, dafs man nur den physischen Grund der einfacheren aufzufinden braucht, um dann auch die zusammengesetzteren völlig erklären zu können.

Theorie der Anwandlungen.

12. Einen solchen physischen Grund giebt, genau genommen, die Theorie der Anwandlungen nicht, sondern sie ist nichts weiter als eine Darstellung der allgemeinen Gesetze, die wir in den Erscheinungen gefunden haben. Sie sagt blofs: jedes Lichttheilchen oder der Lichtstrahl mufs eine gewisse Modification erleiden, vermöge welcher er jene Erscheinungen hervorbringt, und diese Modification ist es, die durch den Namen *Anwandlungen* angedeutet wird. Die Beobachtungen führen zu folgenden allgemeinen Sätzen:

13. Wenn ein Lichtstrahl durch eine brechende Fläche durchgeht, so erlangt er eine, in immer gleichen Zwischenräumen wieder eintretende, vorübergehende Disposition, vermöge welcher er durch eine neue brechende Fläche, die er antrifft, leichter durchgelassen wird, wenn er diese Fläche während der Anwandlungen dieser Disposition erreicht, und leichter zurückgeworfen wird, wenn er in den Zwischenräumen dieser Anwandlungen auf sie trifft. Die Beobachtung zeigt nämlich, dafs zum Beispiel der Strahl, welcher im prismatischen Sonnenbilde an der Grenze des Grün und Gelb liegt, zurückgeworfen wird, wenn die Dicke der Luftschicht (zufolge der in der Tafel No. 10 dargestellten Beobachtungen) zwischen 2,6 und 7,9 Milliontel Zoll ist, oder am vollkommensten zurückgeworfen wird, wenn die Dicke der Luftschicht 5,25 Milliontel ist. Dieses ist also die halbe Länge einer Anwandlung, oder der Raum, den das Theilchen von

---

1 Biot hat diese Vergleichung viel strenger durchgeführt, aber hier mag diese oberflächliche Betrachtung genügen. S. p. 65 bis 76. Newton hat blofs die Resultate einer solchen, gleichfalls strenggeführten Vergleichung angegeben. Lib. 2. Part. 2.

der ersten brechenden Fläche an durchlaufen muſs, um den Zustand der leichtesten Zurückwerfung zu erreichen. Hat es den doppelten Raum oder die ganze Länge einer Anwandlung durchlaufen = 10,5, so befindet es sich in dem Zustande, wo es am leichtesten von der neuen Fläche durchgelassen wird, oder diese Dicke der Luftschicht entspricht der Mitte des dunkeln Ringes, wenn von Ringen durch Zurückwerfung die Rede ist. Hat es den dreifachen Raum = 15,7 durchlaufen, so ist es abermals im Zustande der vollkommensten Reflexibilität, oder diesem Abstande entspricht (vergl. die Tafel) der zweite helle Ring. Und nun läſst sich leicht übersehen, daſs die vollständigste Zurückwerfung immer eintritt, wenn der Abstand der zweiten brechenden Fläche entweder der einfachen, oder dreifachen, oder fünffachen, oder siebenfachen Länge, die wir die halbe Länge einer Anwandlung genannt haben, gleich ist, daſs dagegen der Lichtstrahl fast vollkommen durchgelassen wird, wenn jener Abstand gleich dem 2fachen, 4fachen, 6fachen jener Länge, oder 1, 2, 3 ganzen Längen der Anwandlung ist, und daſs in Abständen, die zwischen jene fallen, eine allmählige Annäherung zum einen oder zum andern, eine theilweise Zurückwerfung und theilweise Durchlassung beobachtet wird.

Eben das gilt für irgend einen andern Farbenstrahl, nur mit dem Unterschiede, daſs für jeden die Länge der Anwandlung eine andre ist, so wie es die Tafel No. 10 zeigt. Auch gilt das Nämliche für andere Medien als die Luft, nur mit dem Unterschiede, daſs für *denselben Farbenstrahl die Länge der Anwandlung eine andre ist*, und diese Länge ist proportional derjenigen Zahl, die das Brechungsverhältniſs ausdrückt; war sie nämlich = i für Luftschichten, so ist sie $= \frac{m}{n} i$ für ein anderes Medium, wenn sich beim Uebergange des Lichtstrahls aus Luft in dieses Medium der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels wie n zu m verhält.

14. Wenn Lichtstrahlen derselben Art, aus einem bestimmten Medio in ein andres bestimmtes Medium übergehend,

nach der Brechung unter verschiedenen Winkeln in dieses eintreten, so wird die Länge der Anwandlungen grösser, und zwar so, dafs man diese Länge durch $= i . \text{Sec. } r : \text{Sec. } u$ ausdrücken kann, wenn i die Länge der Anwandlungen für senkrechte Strahlen, r den Brechungswinkel und u einen Hülfswinkel bedeutet, für welchen Sin. u $= \left(\frac{105 + \frac{m}{n}}{106}\right)$ Sin. r ist, wo nämlich $\frac{m}{n}$ das Verhältnifs des Sinus ist für den Einfallswinkel im ersten Medio zu dem Sinus des Brechungswinkels im zweiten Medio. Diese Erfahrungsregel ist aus den Versuchen No. 5. abgeleitet.

15. Eine Schwierigkeit scheint bei dieser Erklärung übrig zu bleiben. Werden nämlich die Lichttheilchen beim Eintritt in die dünne Luftschicht, (die ich als Beispiel statt aller andern Fälle erwähne) in einen solchen Zustand versetzt, dafs sie in der Entfernung = i, wenn sie dort eine brechende Fläche antreffen, zurückgeworfen werden, so müfsten sie, scheint es, *alle* zurückgeworfen werden; nun aber ist diese Zurückwerfung nie so vollständig, sondern einige Lichtstrahlen werden dennoch durchgelassen; es sollte also billig ein Grund hiefür angegeben werden. Newton hat hiefür keine Erklärung gesucht, Biot aber behandelt diese Frage umständlich[1]. Seine Meinung, dafs nicht alle Lichttheilchen beim Eintritt durch die erste brechende Fläche sich in dem Anfange einer Anwandlung befänden, scheint mir indefs nicht recht passend, indem die Wirkung (wie es mir scheint,) ganz wegfiele, wenn es Lichttheilchen gäbe, die dort in allen möglichen Abstufungen von dem Zustande, den wir den Anfang einer Anwandlung genannt haben, entfernt wären. Aber schon die nicht im allerstrengsten Sinne mathematisch genaue Form der Oberflächen müfste wohl einige Verschiedenheit in der Reflexion hervorbringen, da, sobald man die Körper als porös betrachtet, wohl immer neben den Puncten, die 4 Milliontel Zoll Abstand haben, andre liegen mögen, die nur 3 Milliontel Abstand

1 Traité IV. 94.

haben, wenn sie gleich mit jenen auf demselben Kreise liegen, wo der Abstand = 4 Milliontel seyn sollte.

Einwürfe gegen die Hypothese der Anwandlungen.

15. Es ist wohl nicht zu leugnen, dafs die unaufhörlich wechselnden Dispositionen, vermöge welcher der Strahl bald leichter zurückgeworfen, bald leichter durchgelassen werden soll, als eine schwer begreifliche Hypothese erscheinen und zu manchen Zweifeln Veranlassung geben mufsten. Diese Zweifel konnten indefs hauptsächlich nur die Frage betreffen, ob Newton die Beobachtungen genau und vollständig genug angestellt habe, ob die Dicke der Schicht wirklich die wesentliche und einzige Bedingung jener bald durch Zurückwerfung, bald durch Durchlassung sichtbar werdenden Ringe sey; denn wenn die Beobachtungen vollständig sind und bei ihnen kein Umstand übersehen ist, so finden wenigstens solche wechselnde Zurückwerfungen und Durchlassungen statt, und wenn jemand Mittel findet, diese aus andern schon bekannten Eigenschaften des Lichtes zu erklären, so widerlegt er eigentlich nicht Newtons Ansicht, sondern geht nur weiter als dieser, indem er einen physischen Grund für das angiebt, was Newton nur als eine nicht weiter erklärliche Eigenschaft bezeichnet.

Wirklich ist es nun auch die Frage, ob bei jenen Versuchen nichts übersehen sey, mit welchen sich die spätern Optiker vorzüglich beschäftigt haben. Die Versuche von Mazeas[1] stimmen in den wesentlichsten Puncten mit denen des Newton überein; aber er glaubte darin einen Einwurf gegen Newton zu finden, dafs bei ebenen, stark an einander gedrückten Gläsern die Farben beim Erhitzen verschwanden, statt dafs dies bei convexen Gläsern nicht geschah. Der Grund dieser Verschiedenheit läfst sich, da jene ebenen Gläser offenbar unregelmäfsig waren und sich an einzelnen Stellen inniger berührten, als an andern Stellen, zwar nicht strenge angeben, aber die Beobachtung selbst scheint mehr

1 Die Priestley in d. Geschichte d. Optik (6te Periode 5ter Abschn.) erzählt.

gegen des Mazeas eigne Meinung, als bringe eine besondre Materie, die durch die Wärme fortgetrieben werde, diese Farben hervor, zu sprechen; denn diese hätte ja bei den convexen Gläsern auch entweichen müssen. Du Tours Einwurf, die Luftschicht sey es eigentlich nicht, worauf es ankomme, hat weit mehr Grund, weil nämlich die Ringe auch im luftleeren Raume erscheinen; aber mit vollem Rechte bemerkt Biot hiergegen, daſs nach Newtons Regel die Kreise, welche vermöge einer Luftschicht entstehen, auf eine gar nicht merkliche Weise von denen, die bei luftleerem Raume entstehen, verschieden seyn können, da $\frac{m}{n}$ für den Uebergang aus dem Vacuo in die Luft sehr wenig verschieden ist.

16. Wichtiger als alle Versuche dieser beiden Physiker sind unstreitig die von W. Herschel angestellten[1]. Er hat sehr sorgfältig den gröſsten Theil der Newtonschen Versuche wiederholt, und sie richtig gefunden; er hat eine sehr schöne Reihe neuer Versuche hinzugefügt, wo zugleich mit den vermöge der Reflexion entstehenden Ringen, eine zweite Reihe von Ringen und selbst eine dritte, vermöge der durchgelassenen Strahlen sichtbar wird; und endlich hat er sorgfältig bestimmt, welche Oberflächen es denn eigentlich sind, von denen die regelmäſsige Entstehung der Ringe abhängt. Diese letztere Untersuchung zeigte, daſs nur die beiden einander berührenden oder einander sehr nahe gebrachten Oberflächen es sind, auf die es ankömmt; aber hier glaubte Herschel zwei Einwürfe gegen Newtons Meinung, daſs die Dicke der Luftschichten die Ringe bestimme, zu finden. Der erste Einwurf[2] ist von geringem Gewichte, nämlich, daſs die durch Zurückwerfung hervorgebrachten Ringe auch entstehen, wenn das Objectiv auf einem ebenen Metallspiegel liegt, wo keine Durchlassung der Strahlen statt findet; Herschel bemerkt selbst, daſs man hier annehmen könnte, die Strahlen, welche sonst als durchgehende sichtbar wer-

1 Philos. Transact. for 1807. p. 180. for 1809. p. 259. for 1810. p. 149.

2 Ph. Tr. 1807. p. 226.

den, würden hier absorbirt. Wichtiger ist der zweite Einwurf, daſs zwei unter sehr kleinem Winkel gegen einander geneigte Ebnen keine solche Modification hervorbringen. Legte man ein Glas, dessen eine Seite cylindrisch geschliffen war, auf *ein* ebenes Glas, so daſs die cylindrische Fläche von der Ebne berührt wurde, so zeigten sich farbige, gerade Streifen, ganz analog den Ringen; aber wenn man zwei ebene Gläser anwandte, und diese unter einem höchst kleinen Winkel gegen einander geneigt, an der einen Seite in Berührung brachte, so zeigte sich keine Farbe[1]. Dieser Versuch würde sehr wichtig seyn, wenn er völlig unbezweifelt richtig wäre; aber Herschel erregt selbst einen Zweifel, indem er erzählt, er habe einmal zwei ebene Glasstückchen an der einen Seite in Berührung gebracht, an der andern durch ein zwischengelegtes, ungemein dünnes Platinstückchen getrennt, und hier nahe am Berührungspuncte farbige Streifen gesehen, die aber verschwanden, als er den Drath, der sie zusammenhielt, wegnahm. Hier scheint es nun sehr zweifelhaft, ob Herschel recht hat, eine durch die feste Vereinigung hervorgebrachte Krümmung anzunehmen, oder ob man nicht vielmehr sagen muſs, nach Wegnahme des Drathes habe die genaue Berührung aufgehört, und nur deshalb habe die Erscheinung farbiger Streifen aufgehört, die ohnehin bei ebenen Gläsern auf einen sehr schmalen Raum beschränkt ist. Ja man darf hier wohl mit Grund an der Richtigkeit der Herschelschen Meinung zweifeln, da Knox[2] bei ebenen Platten, deren genaue Berührung am einen Rande er mit groſser Sorgfalt zu Stande gebracht hatte, Farbenstreifen sah, die jenem Rande parallel, in eben der Ordnung wie die Newtonschen Ringe auf einander folgten, und zwar so, daſs dieselbe Farbe in Abständen, die sich wie 1, 3, 5, 7 verhielten, von dem in Berührung gebrachten Rande, wiederkam, so wie es, dem Princip der Anwandlungen gemäſs, seyn muſste.

---

1 Ph. Tr. 1809. p. 263.

2 Philos. Transact. for the Y. 1815. p. 171.

17. Diese Einwürfe haben ohnehin (zumal da Herschels mit schönen Versuchen andrer Art unterstützte, aber auf die Farbenringe schwerlich ganz passende Erklärung [1] nicht viel Eingang gefunden hat,) sehr an Gewicht verloren, seit man mit einer anderen Reihe von Erscheinungen bekannt geworden ist, bei welchen ganz entschieden eine ungleiche Disposition der Lichtstrahlen, vermöge welcher sie in gewissen Fällen zurückgeworfen, in andern durchgelassen werden, statt findet. Diese Erscheinungen, von denen in den Artikeln *Brechung*, *doppelte*, — und *Polarisirung des Lichts*, — die Rede seyn wird, würden hier zu viele Einmischung andrer Gegenstände fordern, daher ich dorthin verweise. Auch in dem Art. *Farben* wird unter den Titel, *epoptische Farben* noch mehr hierher Gehöriges vorkommen. *B.*

Anziehung.

Attraction; *Attractio;* Attraction; *Attraction or attractive Power.* Hiermit bezeichnet man theils die große Menge derjenigen Erscheinungen, wonach sowohl die Materie im Allgemeinen, als auch die verschiedenen Körper im Besondern das Bestreben äußern, sich einander zu nähern, Verbindungen einzugehen, und in denselben zu verharren; theils aber auch, und vorzüglich, die der Materie eigenthümliche Ursache, die genannten Erscheinungen zu zeigen, also die *Anziehungskraft.* Nimmt man die Sache in größter Allgemeinheit, so folgt aus der Erfahrung, daß nicht bloß alle sogenannte wägbare Materie eine Anziehung ihrer einzelnen Theile, sowohl der gleichartigen unter einander, als auch der ungleichartigen gegen einander zeige, sondern daß auch die sogenannten Imponderabilien ein gewisses Bestreben nach einer Verbindung mit wägbaren Körpern wahrnehmen lassen. Unter die *Phänomene der ersteren Art* gehört zuerst überhaupt das Bestreben aller flüssigen Körper, die Kugelgestalt anzunehmen, wenn sie der Kraft der Anziehung frei folgen können. In dieser Form erscheinen daher die *Regentropfen* und einzelne Tropfen

---

1 Die ich im Art. *Farbenringe* erklären werde.

Wasser auf Staube, namentlich auf Flächen, welche mit Hexenmehl (semen lycopodii) bestreuet sind; kleine Quantitäten Quecksilber auf *Holz oder* Glase; die *Schrotkörner* beim Schrotgiefsen, und *auch* die Gestalt der Himmelskörper leitete schon Copernicus mit Recht hieraus ab[1]. *Luftblasen*, wenn sie im Wasser in die Höhe steigen, oder sich an feste Körper unter Wasser ansetzen, oder auch *in feine* Hüllen als Blasen, und vereinigt als Schaum erscheinen, zeigen das Bestreben nach *dieser* Form und bestätigen das allgemeine Gesetz[2]. Dann lassen sich aber im Besonderen alle diejenigen Phänomene hierunter begreifen, welche in Gemäfsheit der bei ihnen in Betracht kommenden eigenthümlichen Modificationen des allgemeinen Gesetzes der Anziehung unter den Artikeln: *Adhäsion*, *Capillarattraction*, *Absorption*, *Cohäsion*, *Gravitation*, *Schwere* und chemische *Affinität* oder *Verwandtschaft* abgehandelt werden; sämmtlich aber auf dem allgemeinen Bestreben aller wägbaren Stoffe nach gegenseitiger Verbindung, oder auf der Attraction beruhen. Unter die *Phänomene der zweiten Art*, wonach auch die sogenannten unwägbaren Stoffe von den wägbaren angezogen, oder mindestens von ihnen festgehalten werden, kann man rechnen, dafs die *Wärme*, wenn sie den Körpern in gröfserer Intensität mitgetheilt ist, diese nur nach bestimmten Gesetzen in mefsbaren Zeiten verläfst, und dabei meistens erweislich von andern Körpern aufgenommen wird; dafs die *Elektricität* um die leitenden isolirten und die nichtleitenden Körper eine Atmosphäre von einem schwer bestimmbaren Radius bildet; dafs anscheinend eine ähnliche Atmosphäre sowohl die natürlichen als auch die künstlichen Magnete und den Leitungsdraht eines Volta'schen Elektromotors umgiebt, und dafs selbst das eingesogene Licht in den sogenannten *Lichtmagneten* längere Zeit zurückbleibt, bis es durch Wärme

---

1 Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester und flüssiger Körper von H. W. Brandes 1817. 2 vol. 8. I. 244.

2 Kleine Beyträge zur Mathematik und Physik von F. G. Busse. Leipz. 1785. I. 147.

dem Anschein nach ausgetrieben wird[1], derjenigen Anziehungskraft aller durchsichtigen Körper gegen das Licht nicht zu gedenken, wodurch die Brechung desselben nach der Ansicht der meisten Physiker hervorgebracht wird.

Indem somit die Erscheinungen der Attraction ganz allgemein sind, diejenige eigenthümliche Modification derselben aber, welche wir *Gravitation* nennen, unserm ganzen Sonnensysteme erweislich, vielleicht auch dem ganzen endlosen Weltsysteme zugeschrieben werden muſs; so ist es eine Frage von höchster Wichtigkeit, welches denn die *eigentliche Ursache* aller dieser Erscheinungen sey. Diese schwierige Frage läſst sich auf verschiedene Weise lösen; einmal wenn man annimmt, daſs diese Attraction oder allgemeine Anziehung der Materie, als solcher, wesentlich und nothwendig zukomme, und daſs die letztere ohne die erstere überhaupt nicht seyn, nicht existiren könne, wie zuerst Kant[2] mit Bestimmtheit behauptet hat, indem er die *Ziehkraft* eine durch den leeren Raum ins Unendliche wirkende, durchdringende, in ihrem Wesen nicht weiter zu ergründende, folglich eine Grundkraft nennt, wodurch die Existenz der Materie bedingt wird; oder aber wenn man diese Anziehung zwar nicht im Wesen der Materie an sich nothwendig gegründet, jedoch aller uns bekannten Materie als besonders hinzukommende Kraft eigen, mithin zwar an dieselbe gebunden, aber für sich vorstellbar ansieht; oder endlich, wenn man über den ersten Ursprung und das eigentliche Wesen der Attraction gar nicht entscheidet, sondern bloſs die Erscheinungen, welche aus ihr folgen, unter allgemeine Gesetze ordnet, wie Newton gethan hat.

Sobald diese eben so wichtigen als schwierigen Fragen zur näheren Untersuchung kommen, muſs zugleich noch eine andere mit eingeschlossen werden, nämlich ob alle die genannten verschiedenen Erscheinungen der Anziehung

---

1 Pallas in Mém. de Petersb. 1783. Grotthuſs bei Schweigg. XIV und XV. Scherer Nord. Beitr. I. 13. Vergl. Helvig bei G. LI. 112. John bei G. LV. 453 u. a. m.

2 Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft u. s. w. Eine nähere Prüfung dieser Theorie befindet sich im Artikel: *Materie*.

sämmtlich auf *eine einzige* Kraft zurückgeführt werden können, oder ob zur consequenten Erklärung derselben mehrere verschiedene oder nur verschieden modificirte Kräfte anzunehmen sind. Ungeachtet der zahlreichsten und angestrengtesten Bemühungen der Physiker und Philosophen ist dennoch weder die eine noch die andere dieser Fragen bis jetzt genügend beantwortet.

Der Gegenstand selbst hat schon frühe die Philosophen des Alterthums beschäftigt, und es finden sich daher in ihren Schriften verschiedene Stellen, welche zeigen, dafs ihnen der Begriff von einer Anziehung der Materie, namentlich sogar von einer Gravitation der Himmelskörper, nicht ganz fremd war[1]. Unter den Neueren nannte Nicolaus Copernicus[2] das Bestreben der Körper, die Kugelgestalt anzunehmen, Schwere, und schrieb dieses von der Gottheit der Materie gegebene Bestreben *auch* den Himmelskörpern zu. Dr. Gilbert[3] redet gleichfalls von einer allgemeinen Attraction, unterscheidet sie aber nicht bestimmt von der magnetischen. Mehr geschieht Letzteres, und wird die Anziehung als allgemeine Naturkraft aufgestellt durch Baco von Verulam[4] selbst mit Ausdehnung auf die Bewegungen der Himmelskörper. Cartesius nahm einen Aether als die Ursache der meisten genannten Erscheinungen an, und fand hierin eine grofse Menge Nachfolger. Auch Newton hegte anfangs diese Meinung, theils weil im Allgemeinen die Feinheit und Expansibilität der Luft auf die Vermuthung von der Anwesenheit noch *feinerer* Stoffe führen mufste, theils weil seine mangelhafte Kenntnifs der Verdunstung und der elektrischen Erscheinungen die Annahme ätherischer Stoffe gleichsam nothwendig machte. Vom Drucke eines solchen Aethers, also nicht eigentlich von den wirbelnden Bewegungen desselben nach Cartesius und Huygens[5], leitete also auch

1 Dav. Gregorii Astron. phys. et geom. Elementa. Oxon. 1702. fol. Genev. 1726. 2 vol. 4. Praef.

2 De revolutionibus orb. coel. I. cap. 9.

3 De Magnete magneticisque corporibus. Lond. 1600. 4.

4 Nov. Organ. Lib. II. cap. 36. De Dignit. et Augm. Scient. L. III. cap. IV.

5 S. *Schwere*.

Newton die Erscheinungen der Schwere anfangs ab[1]. Am bestimmtesten erklärte er sich in einem Briefe an Rob. Boyle[2] über einen solchen allgemein verbreiteten höchst feinen Aether, welcher in allen Körpern vorhanden, in ihren Poren aber am dünnsten seyn sollte. Durch diesen wurde dann die Brechung des Lichtes bewirkt (vermuthlich indem sein Widerstand dasselbe nöthigte, durch eine Beugung in die Zwischenräume der Körper einzudringen), desgleichen die Cohäsion, Adhäsion, Filtration und selbst die chemische Auflösung, indem er die auflösenden Substanzen in die Poren trieb. Wenn aber schon bei geringen Massen der Aether in den Zwischenräumen dünner war, nach Aufsen aber an Dichtigkeit zunahm, und demgemäfs die genäherten Körper durch das Ausweichen zwischen ihnen und den hierdurch vermehrten Druck zur Cohäsion trieb; so mufste dieses noch vielmehr bei der Erde der Fall seyn, und hierin also der Grund des Herabgedrücktwerdens aller Körper nach dem Mittelpuncte derselben liegen.

Newton äufserte indefs schon am Schlusse dieses im Jahre 1678 geschriebenen Briefes sein *Mifsfallen an solchen* Hypothesen, welche auch mit seinem Bestreben nach einfacher geometrischer Construction unzweifelhafter Erfahrungen im Widerspruche standen. Obgleich auch die Erscheinungen der Schwere und verschiedene andere Phänomene aus dem Drucke eines solchen Aethers erklärt werden konnten, so war dieses doch keineswegs der Fall bei den Bewegungen der Himmelskörper, indem diese vielmehr durch den zwischen ihnen verdichteten Aether stets mehr hätten auseinander getrieben werden müssen. Wir finden daher von Newton nur noch in seiner Optik einige Aeufserungen über die mögliche oder wahrscheinliche Existenz eines solchen Aethers. Sobald derselbe aber nach wiederholten Rechnungen in der Gravitation der Himmelskörper das einfache Gesetz der Schwere aufgefunden hatte, entfernte er sich ganz von jenen Vorstellungen, nahm eine Anziehung der

1 Birch History of the Royal Society of London. 1756. IV. Vol. 4. III. 247.

2 Newtoni opp. omn. ed. Horsley. V. Vol. 4. 1779. IV. 385. Bibl. univ. XXI. 79 und 239.

Materie als aus der Erfahrung abstrahirt an, welche allgemein der Masse direct und den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional wirke, mit Rücksicht auf mögliche Wirkungen in anderen, namentlich höheren Verhältnissen des Abstandes. Diese Ansicht ist vollständig durchgeführt in seinen Principiis philos. nat., indem er zwar schon 1666 anfing, sich mit dem Gravitationsgesetze zu beschäftigen[1], erst 1676 aber diesen Gegenstand ernstlich wieder vornahm, 1683 die Keplerschen Gesetze nach dieser Theorie erklärte, und dieses 1684 durch Halley der Kön. Societät mittheilte, worauf er seine Principien schrieb[2].

Vor Newton kam indeſs niemand der Idee einer allgemeinen Anziehung so nahe als Hooke[3]. Dieser stellte zur Erklärung der Bewegung der Himmelskörper drei Sätze auf. 1. Daſs diese nicht bloſs eine wechselseitige Anziehung gegen ihre Mittelpuncte besitzen, sondern sich auch innerhalb der Sphäre ihrer Thätigkeit wechselseitig anziehen. 2. Daſs alle bewegte Körper in geradliniger Bewegung verharren, wenn nicht eine stets wirkende Kraft sie nöthigt, einen Kreis, eine Ellipse oder eine andere Curve zu beschreiben. 3. Daſs die Anziehung so viel stärker ist, je näher die Körper einander kommen.

Der unsterbliche Newton war indeſs der erste, welcher das allgemeine Gesetz der *Anziehung* in seiner ganzen Ausdehnung aufstellte und consequent durchführte[4], mit der

---

1 Pemberton View of Sir Is. Newtons Philos. 1725. 4.

2 Newtoni vita. In opuscul. I. XXIII.

3 An Attempt to prove the Motion of the Earth. by Dr. Hooke 1674. 4. in: Philosophical Tracts and Collections. Lond. 1679. 4. Vergl. Philosophical and Mathematical Dictionary cet. by C. Hutton. In two Vol. Lond. 1815. gr. 4. I. 186.

4 Das berümte Werk: Philosophiae naturalis principia mathematica wurde zuerst 1687 zu London auf Befehl der Kön. Soc. der Wiss. gedruckt. Nachher erschien dasselbe wieder durch Roger Cotes. Cantab. 1713. 4. durch Henr. Pemberton. Lond. 1726. 4. Spätere Ausgaben sind Amst. 1733. 4. Lond. 1746. 4. Am vollständigsten ist: Phil. nat. P. m. perpetuis commentariis illustrata studio PP. Thomae le Seur et Franc. Jacquier. Genevae 1739. III. Tom. 4. und noch vermehrter 1750. IV. Tom. 4. Weitläuftige Commentarien enthält: Phil. nat. p. m. auct. Is. Newtono illustrata commentationibus potissimum Joannis Tessanec. lib. primus.

näheren Bestimmung, daſs dieselbe den Massen direct, den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional sey, wobei er zugleich auch darauf aufmerksam machte, daſs zur Erklärung mancher Erscheinungen wohl ein in höheren Potenzen der Entfernung umgekehrt wachsendes Verhältniſs der Anziehung anzunehmen sey[1]. Hiermit sollen indeſs bloſs die Phänomene bezeichnet und auf ein allgemeines Gesetz zurückgebracht, keinesweges aber soll die physische Ursache derselben erklärt werden, wie er selbst[2] und sein Schüler s'Gravesande[3] ausdrücklich erinnert. Nicht minder bestimmt äuſserte sich Newton auch darüber, daſs er die Attraction keineswegs als eine, der Materie wesentlich zukommende Eigenschaft aufgestellt habe[4], und unter seinen Schülern hing namentlich Maclaurin[5] so fest an dieser Ansicht, daſs er diejenigen für unbekannt mit Newton's Meinung erklärte, welche die Attraction als eine wesentliche Eigenschaft der Materie ansehen wollten, obgleich auch Cotes[6] für diese Ansicht entschied, und hierin mit Newton übereinzustimmen glaubte.

Um bei den vielen über diesen Gegenstand gepflogenen Untersuchungen und so manchen wiedersprechenden, zuweilen nur unbestimmten, Behauptungen die Uebersicht des Ganzen nicht zu verlieren, darf man nur berücksichtigen, daſs es sich dabei hauptsächlich um die zwei schon erwähnten Fragen handelt, nämlich zuerst, ob der Materie im Allgemeinen eine Anziehungskraft eigen ist, aus welcher min-

---

Pragae 1780. 4. Libri II. P. 2. ib. 1783. Vergl. Pauli Frisii, Barnabitae, de gravitate universali corporum libri tres, Mediolani 1768. 4. Montucla Hist. des Math. II. 600. ff.

1 Princ. L. sect. XII und XIII. weiter entwickelt in den Anmerk. von Le Seur und Jacquier.

2 Ebendas. defin. L. I. defin. VIII. sect. XI. princ.

3 Physices Elementa math. Leidae 1748. II. Vol. 4. I. cap. 5. p. 17. Attractionem vocamus vim quamcumque, qua duo corpora ad se invicem tendunt... hoc nomine Phaenomenon, non causam designamus.

4 Princ. III. Reg. 3. Attamen gravitatem corporibus essentialem esse minime affirmo. Vergl. Opt. quaest. 21. 22.

5 An Account of Sir I. Newton's phil. discoveries. By Maclaurin. Lond. 1748. L. I. cap. 1.

6 Praef. ad Newt. Princ.

destens die Erscheinungen der Schwere und der Gravitation unmittelbar folgen, und dann ob die gesammten Phänomene der Anziehung sich auf eine oder mehrere Kräfte reduciren lassen.

Berücksichtigen wir zuvörderst die erste Frage für sich, so entschied NEWTON durch die Aufstellung seines Gravitationsgesetzes bestimmt bejahend für dieselbe, und ihm folgten hierin eine Menge Anhänger. Einige fanden indefs den Ausdruck Attraction unpassend, weil man sich darunter etwas materiell Ziehendes und ein Zwischenmittel denken müsse, und MUSSCHENBROEK[1] schlug daher *accessus mutuus, affinitas, amicitia* vor. Solche Kräfte, als *Sympathie, Freundschaft, Gefühl* u. dgl. zur Erklärung der verschiedenen Anziehungen hatten schon früher KEPLER[2], ROBERVAL[3] u. a. vorgeschlagen; allein eben hierdurch wurde CARTESIUS bewogen, die Attraction als eine *qualitas occulta* gänzlich aus der Naturlehre zu verbannen, und statt dessen einen Aether als allgemeine wirkende Ursache einzuführen. Hierin hatte er viele und berühmte Vertheidiger, unter denen HUYGENS[4], BERNOULLI[5] und BÜLFINGER[6] vorzüglich genannt zu werden verdienen. Der Streit unter den Anhängern dieser entgegengesetzten Meinungen hing mit der Frage über die Gestalt der Erde zusammen, und wurde endlich durch die berühmten Gradmessungen für NEWTON entschieden[7].

Inzwischen hatte NEWTON nicht blofs die Gravitation und Schwere als ihrem Wesen nach identisch und beide als Wir-

---

1 Introductio ad Philos. Naturalem. Auct. Pet. van Musschenbroek. L. B. 1762. II. vol. 4. I. c. 20. p. 348.

2 Epitome Astron. Copern. Lentiis ad Danub. 1618. 4.

3 Arist. Samii de mundi systemate lib. sing. Par. 1644. 4.

4 Diss. de causa gravitatis in Opp. rel. I. 93.

5 Nouvelles Pensées sur le sytème de Decartes, in Opp. Lausanne et Genève 1742. 4. III. 138 und 299.

6 De causa gravitatis physica generali disquisitio experimentalis etc. Par. 1728. 4. In Recueil des Pièces de Prix. vol. II. Bülfingeri Varia. 128.

7 S. *Erde. Schwere.* Vergl. Hambergeri et auct. J. P. Süfsmilch diss. de cohaesione et attractione corporum Jen. 1732. 4. Succincta attractionis historia cum epicrisi Auct. S. Ch. Hollmann; in Comm. soc. Reg. sc. Gott. IV. 215. Joh. Henr. van Swinden diss. de attractione. L. B. 1766. 4.

kung der Anziehung dargestellt, sondern er schrieb auch der Materie im Allgemeinen diese Kraft zu, welche Meinung späterhin gleichfalls durch unzweideutige Versuche vollkommen bestätigt ist. Namentlich behauptete er[1], daſs ein Berg, drei englische Meilen hoch und sechs Meilen breit, ein an seinem Fuſse hängendes Loth um 1′ 18″ von der Verticale abziehen müsse. Bouguer und Condamine untersuchten daher bei der Peruanischen Gradmessung, wie stark das Loth ihres Quadranten durch die Gebirgsmasse des Chimboraço von der lothrechten Linie abgezogen würde. Weil ihnen aber die Localität nicht verstattete, auf beiden Seiten des Berges die Declination eines Sternes zu messen und mit dem zwischenliegenden terrestrischen Bogen zu vergleichen, wobei der halbe Fehler den Winkel der Anziehung auf jeder Seite gegeben haben würde; so beobachteten sie nach Condamine's Vorschlage bloſs an der Südseite vier südliche und sechs nördliche Sterne, wobei die Abweichung des Lothes einen entgegengesetzten Fehler hervorbringen muſste, mit einem Quadranten von 2,5 F. und fanden hieraus als mittleres *Resultat eine* durch den Berg bewirkte Ablenkung des Lothes von 7″,5[2]. Diese Astronomen hatten indeſs mit zu vielen örtlichen Schwierigkeiten zu *kämpfen*, und waren für solche Beobachtungen nicht mit hinlänglich feinen Werkzeugen versehen, als daſs sie ihr erhaltenes Resultat für unzweifelhaft und in einer damals so wichtigen Streitsache für entscheidend hätten ansehen sollen[3].

Um so mehr fand sich Nevil Maskelyne bewogen, der Kön. *Societät* in London einen Plan vorzulegen, ähnliche Messungen bei einem Berge Namens *Wernside*, an der Grenze zwischen Yorkshire und Lancashire anzustellen, welche auch wirklich eine Ablenkung des Lothes zwischen 30″ bis 40″ gaben[4]. Man fand aber bald, daſs die Gegend

1 A Treatise of the system of the World by Sir Is. Newton, Lond. 1728. in Opusc. II. 21.

2 La figure de terre determinée par les obs. des M. M. Bouguer et de la Condamine. Par. 1749. 4. sect. VII. p. 375.

3 De la Condamine Journal historique du Voyage fait par Ordre du Roi a l'Equateur. Par. 1751. p. 69.

4 Phil. Trans. LXV. 1775. P. II. p. 500.

hierzu nicht genügend geeignet sey, und es wurde daher der Berg *Shehallien* (gälisch Thichallin) in Pertshire an der schottischen Grenze vorgeschlagen. Maskelyne führte mit Hutton den Vorschlag in den Jahren 1774 bis 1776 aus, und stellte auf der Südseite des Berges 169, auf der Nordseite 168 Beobachtungen an 43 Sternen an, von denen 40 mit einander verglichen den Unterschied der Breite 54″,6 gaben. Indem nun dieser durch geodätische Messungen nur 42″,94 gefunden wurde, so kamen auf die Anziehung des Berges 11″,66, welche Gröfse als der doppelte Winkel der Ablenkung 5″,83 als die Kraft der Anziehung eines Berges von 500^t Höhe giebt[1].

Neuerdings hat der Baron von Zach ähnliche Messungen an dem hinter Marseille liegenden Berge *Mimet*, von 300^t Höhe angestellt, und eine Ablenkung des Lothes durch denselben von 1″,98 gefunden[2]; auch hat derselbe die gesammten Maskelyne'schen 337 Beobachtungen aufs Neue berechnet, und findet danach den himmlischen Bogen = 54″,651, den irdischen 43″,019, welches eine Differenz von 11″,632 und somit eine Anziehung von 5″,816 für die Masse des Shehallien giebt[3].

Indem es sich hier um ein wichtiges physikalisches Problem handelt, so wird noch folgende Erörterung nicht überflüssig scheinen. Die Art, wie Hutton die erhaltenen Resultate berechnet, finden sich im Artikel: *Erde*. Indefs kann man allgemein auf folgende Weise rechnen. Wird das Bleiloth durch irgend eine Masse von der verticalen Linie abgelenkt, und ist der Winkel der Ablenkung = α; so ist der Sin. vers. α derjenige Theil, um welchen die anziehende Kraft der Masse der Schwere entgegenwirkt. Es

Fig. 57.

1 Phil. Trans. LXV. p. 534. LXVIII. Phil. Tr. Abridged. XIII. 702. Tracts on mathematical and philosophical subjects. by C. Hutton. III Vol. Lond. 1812. II. 1 ff.

2 L'Attraction des Montagnes et ses effects sur les fils à Plomb ou sur les niveaux des Instruments d'astronomie, constatés et déterminés par des observations astronomiques et géodésiques, faites en 1810 a l'ermitage de notre-dame des anges, sur le mont de Mimet et au fanal de l'Isle de Planier près de Marseille. cet. par le Baron de Zach Avignon 1814. 2 vol. 8. I. 553.

3 Ebend. II. 690.

verhält sich also die Anziehung derselben zur Schwere $=$ Sin. v. α : Tang. α. $= 1 -$ Cos. α : Tang. α. Nennt man die ablenkende Kraft k die Schwere p; so hat man

$k : p =$ Sin. v. α : Tang. α also $k = \frac{\text{p. Sin. v. } \alpha}{\text{Tang. } \alpha}$ und die

Schwere als Einheit genommen $k = \frac{\text{Sin. v. } \alpha}{\text{Tang. } \alpha}$. Indem aber für so kleine Bögen die Tangente vom Sinus unmerklich verschieden und $\frac{1 - \text{Cos. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha} =$ Tang. $\frac{1}{2} \alpha$ ist; so hat man nahe genau $k =$ Tang. $\frac{1}{2} \alpha$. Eben so hat man, wenn der Ablenkungsbogen $= a$, die Länge des Lothes $= l$ genannt wird, $k : p = a : 2l$. Heifst ferner die ablenkende Masse $= m$; die Masse der Erde $= M$; der Abstand der ersteren $= r$; der Radius der letzteren $= R$; so hat man $k : P = \frac{m}{r^2} : \frac{M}{R^2}$ also auch $\frac{m}{r^2} : \frac{M}{R^2} = a : 2l$; oder wenn die Masse und der Halbmesser der Erde als Einheit angenommen werden; $\frac{m}{r^2} = \frac{a}{2l} =$ Tang. $\frac{1}{2} \alpha$; oder $m = r^2$ Tang. $\frac{1}{2} \alpha$[1]. Endlich geben HUTTON's Rechnungen noch das Resultat, dafs der Punct der stärksten horizontalen Anziehung eines Berges, wenn er steil ist, sich in 0,252 und wenn er flach ist, in 0,290 seiner Höhe von der Basis an befindet[2].

Aufser diesen, durch grofse Massen bewirkten Anziehungen hat man die Attraction auch an kleinen theils wirklich beobachtet, theils wahrzunehmen geglaubt. Unter die merkwürdigsten Versuche dieser Art gehören diejenigen, welche JOHN MICHEL vorbereitete, und nach seinem Tode HENRY CAVENDISH anstellte. Letzterer hing an einer empfindlichen Drehwaage[3], welche aus einem 6 F. langen Arme an einem 40 F. langen dünnen Drahte bestand, Bleikugeln von zwei Z. Durchmesser auf, näherte diesen in einem gegen den Einflufs des Luftzuges gesicherten Kasten eine grofse

---

1 Vergl. G. G. SCHMIDT Handbuch der Nat. L. I. 75. Ausführlichere Rechnungen von Playfair finden sich in Phil. Trans. 1811. II.

2 Tracts. II. 76. Phil. Tr. LXX. 1 ff.

3 S. *Drehwaage*.

Bleimasse von 8 Z. Durchmesser, und fand durch Beobachtung und Rechnung, dafs beide Massen einander anzögen mit einer Kraft, welche dem funfzigmillionsten Theile des Gewichtes der Kugeln gleich kam[1]. Dafs hierbei ganz bestimmt eine Anziehung dieser kleinen Massen, völlig derjenigen gleich, welche durch die Erde im Grofsen ausgeübt wird, wahrgenommen wurde, und hierauf also der Schlufs von der Allgemeinheit dieser Kraftäufserung der Materie gebauet werden kann, leidet bei der Genauigkeit der vielen übereinstimmenden Versuche keinen Zweifel.

Manche Astronomen wollen einen durch gegenseitige Anziehung erzeugten störenden Einflufs der Gewichte astronomischer Uhren auf die Bewegung der Pendel wahrgenommen haben[2], allein andere haben diese Erscheinung nicht beobachtet, und andere widersprechen ihr[3], vielleicht weil die Wirkung zu klein ist, um wahrgenommen zu werden.

Allgemein bekannt sind die, auch von Musschenbroek[4] erwähnten Versuche eines Geistlichen Berthier, welcher Streifen von Papier, Leder, Holz, Pergament, Eisen u. s. w. an Menschenhaaren in einem gläsernen Cylinder zum Abhalten des Luftzuges aufhing, und dann fand, dafs sie durch einen von Aufsen genäherten beliebigen Körper angezogen wurden[5]. Mehrere Physiker, z. B. Bouguer, le Roy, Büache u. a. waren Zeugen dieser Erscheinungen, an deren Richtigkeit sich wohl nicht zweifeln läfst. Bei der Unmöglichkeit aber, sie auf die bekannten Gesetze der Anziehung zurückzuführen, dürfte es nicht schwer seyn, sie aus elektrischen Anziehungen, in einigen Fällen ganz entschieden aus den Strömungen ungleich warmer Luftschichten[6], oder aus sonstigen Ursachen zu erklären[7]. Anscheinend entscheidende Versuche über die Anziehung kleiner Massen hat

---

1 Phil. Trans. 1798. II. 469 - 526 übers. mit Anm. in G. II. 1 - 62.

2 G. II. 65. Astronomie von J. G. F. Bohnenberger. Tüb. 1811. 497 v. Zach Attract. des Mont. I. 3.

3 Gauss in Gött. gel. Anz. 1818. p. 1267.

4 Introd. I. 350.

5 Hist. de l'Ac. 1751.

6 Gilb. Ann. VI. 465.

7 Vergl. Achard phys. chem. Schriften. I. p. 197.

Hermbstädt angestellt[1]. Er hing nämlich eine Achatplatte mit genau horizontaler Fläche an einer sehr empfindlichen Waage auf, näherte derselben von unten ein Gefäfs mit Quecksilber, und wollte hierbei beobachtet haben, dafs die Platte in der Entfernung von einer Linie durch dasselbe angezogen wurde und festhing. Derselbe behauptet auch, dafs zwei Quecksilberkügelchen auf einer Glasplatte, wenn sie mit einem Glasstäbchen einander vorsichtig genähert werden, in einem Abstande von einigen Scrupeln durch gegenseitige Attraction eine sphäroidische Gestalt annehmen, und in einander fliefsen, wobei die kleineren stets in die gröfseren übergehen sollen. Mit Recht bemerkt hiergegen Parrot[2], dafs empfindliche Waagen zu leicht oscilliren, um mit denselben genaue Versuche dieser Art anzustellen; dafs ferner die Adhäsion der Quecksilberkügelchen am Glase ihr eigenes Gewicht überwindet, und sie deswegen, wenn sie klein sind, nach dem Umkehren der Scheibe gar nicht herabfallen. Parrot konnte daher die genannte Erscheinung nicht blofs selbst nicht wahrnehmen, sondern zieht auch das ganze Resultat der Versuche in Zweifel, weil die Gravitation der Kügelchen gegeneinander unendlich klein sey im Verhältnifs zu ihrer Adhäsion, welche Ansicht andere Gelehrte mit ihm theilen[3]. Einen ähnlichen Versuch erwähnt Kastner[4]. Man soll nach ihm zwei spitze Körper (Glasstäbchen) in eine Flüssigkeit tauchen, dann herausziehen, und die Flüssigkeit so lange ablaufen lassen, bis an jedem Stabe ein Tropfen derselben hängt. Nähert man letztere vorsichtig bis auf einen Abstand von 0,25 Lin., so sollen sie eine sphäroidische Gestalt annehmen, und durch gegenseitige Anziehung in einander fliefsen. Abstrahirt man von dem Einflusse einer die Tropfen umgebenden Dampfatmosphäre, so läfst sich berechnen, dafs die Kraft der Attraction zu schwach ist, um

1 G. II. 63.

2 Grundrifs d. theor. Phys. I. 37.

3 G. VI. 462. J. T. Mayer in Comm. Soc. Gott. XVI. 54. Der Versuch mit den Platten an einer sehr empfindlichen Waage ist aufserdem wegen der Verdunstung des Quecksilbers und des Anhängens des Dampfes an andern Körpern unzulässig.

4 Grundrifs d. Exper. Phys. I. 378.

den angegebenen Effect hervorzubringen, indem die Bildung der Tropfen, und ihr Anhängen am Stabe eine Folge der Adhäsion, diese aber in ihrer Aeufserung stärker ist, als die Schwere, diese aber wiederum gegen die Gravitation so grofs, das letztere unmefsbar wird. Setzen wir nämlich, um die anziehende Kraft jedes Tropfens nach dem Newtonschen Gesetze zu finden, den Halbmesser derselben hoch gerechnet $= 1$ Lin. $= r$; den Halbmesser der Erde $= 3271691^t = R$; den Abstand des Mittelpunctes jedes Tropfens von dem ihm zunächst befindlichen Theile der Oberfläche des andern Tropfens $= 1$ Lin. $+$ einer verschwindenden Gröfse, $= d$, mithin so nahe wie möglich, ohne jedoch Berührung zuzulassen, den Abstand des Centrums der Erde vom Mittelpuncte des Tropfens $= (R + \Delta R) = D$, wobei ΔR als verschwindend vernachlässigt werden kann, die Schwere eines Tropfens $= p = 1$; so ist, ohne Rücksicht auf die geringere Dichtigkeit der Tropfen als die der Erde, ihre Anziehungskraft $= k = p \frac{r^3}{d^2} \times \frac{D^2}{R^3}$; also für die angegebenen Werthe $= 0{,}00000000035$, oder noch nicht einmal ein halbes Tausendmilliontheilchen ihres Gewichtes, wodurch also ihre Adhäsion und die Anziehung ihrer Theile in der Berührung unmöglich überwunden werden kann.

Indem die Gradmessung in Peru, zugleich aber die beobachtete Ablenkung des Lothes durch die Gebirgsmasse des Chimboraço bestimmt für Newton's Theorie entschieden, wurden die Gelehrten durch einige mit den kleinsten Nebenumständen erzählte Versuche aufmerksam gemacht, welche absichtlich ersonnen waren, um dieselbe umzustofsen. Es wollte nämlich ein gewisser Coultaud [1] zu Samoins in Faucigny in den Sommern 1767 und 68 zwei genaue Pendeluhren, deren eine 1085ᵗ höher als die andere aufgestellt war, beobachtet, und bei der höheren binnen zwei Monaten ein Voreilen von 27′ 20″ gefunden haben. Die Erzählung der Versuche war so glaubhaft ersonnen, dafs das Publicum die Wahrheit der Sache nicht bezweifelte, um so mehr, als ein

1 Nach einem Briefe im Journ. des beaux arts et des Sciences, welches der Abbé Aubert herausgab.

gewisser MERCIER aus Sitten im Walliserlande die nämlichen Versuche in den Jahren 1770 und 71 mit gleichem Erfolge wiederholt haben wollte. Wirklich gründete sogar der P. BERTHIER sein System der Physik auf diese neue Thatsache, D'ALEMBERT aber zeigte, dafs sie doch nichts gegen die Gravitation beweise, gesetzt auch dafs sie wahr sey, woran er nach der Art der Erzählung nicht zweifeln zu können glaubte. Unterdefs gelang es dem LE SAGE[1] und A. DE LÜC[2] nach genauester Erkundigung den Betrug des Ganzen zu entdecken, indem weder der eine noch der andere an den von ihnen angegebenen Orten, und überall nirgend aufzufinden war[3].

Es läfst sich sonach nicht bezweifeln, dafs Gravitation und Schwere als Folgen einer, aller ponderabelen Materie eigenthümlichen, Anziehung anzusehen sind, ohne dafs jedoch damit zugleich entschieden ist, ob diese im Wesen der Materie nothwendig gegründet und von derselben durchaus unzertrennlich sey. Hauptsächlich kommt hierbei die Frage in Betrachtung, ob die sogenannten Inponderabilien wirklich unwägbar und zugleich materielle Stoffe sind, oder allgemeiner, ob es etwas Materielles giebt und geben kann, was nicht zugleich von der Schwere afficirt wird. Wenn es unmöglich ist, hierüber mit Gewifsheit zu entscheiden, so wird es auf allen Fall erlaubt seyn, die Phänomene, wie die Beobachtungen sie darbieten, unter ein allgemeines Gesetz zu ordnen, ohne das eigentliche Wesen der Attraction erklären zu wollen, um so mehr, als schon an sich die Ursache einer Wirkung in die Ferne, ohne Zwischenmittel

1 J. de Ph. I. 250.

2 Physikalische u. moral. Briefe über die Geschichte der Erde und Menschen cet. von J. A. de Lüc. a. d. Fr. Leipz. 1781. II vol. 8. I. Br. 45. p. 304.

3 Noch neuerdings sind gegen das Newtonsche Attractionsgesetz ungegründete Zweifel erhoben durch L. Delobel in: De la cause de l'Attraction, de la Repulsion et du Mouvement cet. Bruxelles 1823. 8; welche indefs blofs aus gänzlicher Unkunde der Sache herrühren. S. Francoeur in Bullet. Gener. 1824. N. 7. p. 42.

außer den Grenzen unserer deutlichen Vorstellung zu liegen scheint [1].

Weit weniger ist von jeher über die zweite Frage gestritten, nämlich ob alle Erscheinungen, bei welchen sich eine Anziehung wirksam zeigt, auf eine und dieselbe, nach gleichen Gesetzen wirkende Attractionskraft zurückgeführt werden können, oder ob man mehrere Kräfte oder mehrseitige Modificationen einer einzigen anzunehmen habe. Obgleich diese nicht minder schwierig ist, als jene, so übersah man sie doch anfangs, so lange der Streit über die Annahme eines Aethers oder einer Attractionskraft überhaupt noch nicht entschieden war, und außerdem hatte man den vielfachen Erscheinungen der Adhäsion und chemischen Verwandtschaft noch bei weitem nicht hinlängliche Aufmerksamkeit gewidmet. Vorzugsweise berücksichtigte man stets die *Cohäsion*. Daſs diese Eigenschaft der Körper auf einer Anziehung ihrer Theile beruhe, war auffallend, und man muſste sie daher auf die Gesetze der Attraction zurückführen, nachdem die Hypothese von einem drückenden Aether als unzulässig erkannt war. Indeſs setzen die Körper der trennenden Gewalt einen ungleichen Widerstand entgegen, anstatt daſs die Schwere bei allen gleich ist, die Stärke des Zusammenhanges ist bei den meisten gröſser als ihr Gewicht, und sind die Theile einmal getrennt, so zeigen sie in den meisten Fällen ein so geringes Bestreben nach Wiedervereinigung und Zusammenhang, daſs es schwer hält, die Erscheinungen der Cohäsion auf das allgemeine Gesetz der Attraction zurückzuführen. Newton fühlte dieses, und deutet daher an, daſs die Cohäsion anderen Gesetzen folge, und vielleicht auf eine in höheren verkehrten Verhältnissen der Entfernung, als dem quadratischen, wirksame Attraction zurückgeführt werden könne [2]. Mehreren seiner Schüler, wahrscheinlich aus Achtung gegen die wichtige Entdeckung ihres groſsen Lehrers, scheinen dagegen geneigt, alle Er-

1 De Lüc Briefe über die Geschichte d. Erde. I. XI. p. 57. Vergl. Maupertuis sur les differentes figures des astres; in Oeuv. Lyon 1768. 8. I. p. 96.

2 Princ. I. sect. XIII. prop. 85—87. Optice quaest. praef. Vergl. *Cohäsion*.

scheinungen der Anziehung auf das eine gemeinsame Newtonsche Gesetz zurückzuführen, wenigstens ist dieses der Fall bei Cotes [1], Keil [2] und Friend [3], indem sie sich auf einige dieser Deutung fähige Aeufserungen Newtons [4] bezogen. Andere dagegen, namentlich Maupertuis [5] in einer weitläuftigen Untersuchung über diesen Gegenstand wollten mindestens die Cohäsion auf eine nach höheren Potenzen des Abstandes wirkende Anziehung zurückbringen. Ein vorzügliches Ansehen unter den Physikern erlangte späterhin Musschenbroek. Dieser stellt eine Menge Erscheinungen zusammen, bei denen sich Anziehung zeigt, widerlegt die früher zu ihrer Erklärung ersonnenen Hypothesen, namentlich der Scholastiker von absolut leichter und absolut schwerer Materie nach Aristoteles, des Cartesius und Huygens von ätherischen Wirbeln, des Heinrich Regius vom Drucke der Luft, Keplers von ausströmenden ätherischen Flüssigkeiten, Gassendi's von einer wechselseitigen Anziehung der Atome und des Paulus Casatus vom Beharrungsbestreben der Körper an ihrem Orte oder von der absoluten Ruhe, getrauet sich aber nicht, nur einmal die eigentliche Ursache der Schwere anzugeben, sondern zeigt sich geneigt, auch diese auf eine *insita vis divina* zurückzuführen [6]. Leonhard Euler [7] endlich wollte die Attraction als eine allgemeine, der Materie nothwendig zukommende Eigenschaft nicht gelten lassen.

Späterhin wurden nur wenige, diese Frage bestimmt betreffende und umfassende Untersuchungen angestellt, mehr dagegen die Sache nur beiläufig und ohne völlige Entscheidung erwähnt. In dieser Hinsicht kann der Systeme des

---

1 Praef. ad Newt. Princ. ed. Cantabr. 1713. 4.

2 Introductio ad veram physicam. Oxon. 1700. 8. Phil. Trans. XXVI. 57.

3 Praelectiones chymicae. Oxon. 1704. 4.

4 Optice qu. XXXI. ed. Clarke p. 304.

5 Mém. de l'Acad. 1732. p. 343. ff.

6 Epitome Elementorum phys. mathem. conscripta in usus acad. L. B. 1726. 8. p. 48. Institutiones physicae conscr. in usus ac. L. B. 1748. 8. p. 106.

7 Lettres à une Princ. d'Allemagne let. 68. ff.

P. Boscovich [1], welcher eine Menge Phänomene, namentlich Schwere, Cohäsion, Elasticität und mehrere andere, auf eine neue Art zu erklären versuchte, der Theoricen über die Ursache der Schwere von Le Sage u. a. nur im Allgemeinen gedacht werden [2]. Unter den Anhängern Newtons dagegen rücksichtlich der Annahme einer aller Materie eigenthümlichen Attraction als Ursache der Schwere und Gravitation hält Hamberger [3] die Cohäsion, Adhäsion und chemische Verwandtschaft nicht für Wirkungen der Attraction, sondern gewisser unbekannter Kräfte; worin ihm Fortunatus de Felice [4] rücksichtlich der Cohäsion widerspricht. Auch Segner [5] scheint nur eine und dieselbe Kraft als Ursache aller Erscheinungen der Anziehung anzunehmen, worin ihm andere mit gröfserer Bestimmtheit beipflichten [6]. Für einen wesentlichen Unterschied der verschiedenen Anziehungen entscheiden ferner Hauch [7] und Klügel [8]. E. G. Fischer [9] dagegen hält die Gleichheit der bei beiden Arten von Erscheinungen wirksamen Kräfte nur für unerwiesen, betrachtet sie indefs vorläufig als verschieden. Brisson [10], und mehrere französische Physiker nach ihm blieben der ursprünglichen Newtonschen Ansicht getreu, indem sie eine im quadratischen Verhältnisse der Entfernung abnehmende Anziehung als Ursache der Schwere, und eine in höheren Verhältnissen abnehmende als Ursache der Cohäsion annahmen.

---

1 Philosophiae naturalis Theoria redact. ad unicam legem virium in natura existentium cet. Viennae 1759. 4. p. 210.

2 S. *Materie*, wo Boscovich's Theorie ausführlicher erwähnt wird.

3 G. H. Hambergeri elem. physices cet. Jen. 1741. 8. praef. p. 57 u. 81. ff. Dissert. de Cohaesione. Jen. 1732.

4 Disput. de Newtoniana attract. unica cohaerentiae nat. causa advers. clar. Hambergerum. 1757. 4.

5 Einleitung in die Naturlehre. 2te Aufl. Gött. 1754. p. 205. ff.

6 Sopra la Identità dell' attrazione molecolare colla astronomica. Opera del Cav. Leopoldo de Nobili di Reggio. Modena 1818. Kürzer in Brugnat. Giorn. S. 259.

7 Anfangsgr. d. Nat. übers. von Tode. Kop. 1795. I. 31.

8 Encyclopädie cet. Berl. 1806. II. 253.

9 Lehrb. d. mech. Naturl. Berlin 1819. I, 79.

10 Traité élémentaire ou Principes de la physique. Par. 1789. III. vol. 8. I. 165.

Sehr entscheidend ausgedrückt sind die Bestimmungen Parrot's [1], welcher *Anziehung in der Entfernung* als Ursache der Gravitation, *Anziehung in der Berührung* oder *Flächenanziehung* als Ursache der Cohäsion und Adhäsion, *Affinität* endlich als Ursache der Mischungen und chemischen Verbindungen unterscheidet.

Man darf diese letzteren Ansichten als insbesondere durch eine genauere Feststellung der allgemeinen chemischen Principien begründet und allmälig von fast allen Physikern angenommen betrachten, indem nicht immer genau angegeben wird, ob alle unter die genannten Arten der Anziehung gehörigen Erscheinungen als Wirkungen einer einzigen, nur verschieden modificirten, oder an sich verschiedener Anziehungen zu halten sind. Die meisten neigen sich indefs dahin, eine allgemein wirksame, aber verschieden modificirte Anziehung anzunehmen, z. B. unter den ältern Buffon [2], Prevost [3], Bergmann [4], Grossier [5], Le Sage [6], Morveau [7], Boscovich [8], Erxleben [9]; später aber insbesondere und am gründlichsten J. T. Mayer [10], welcher bestimmt hinzusetzt, die unmefsbar kleinen Attractionssphären der Körperelemente, ihrer eigenen Gröfse proportional, möchten wohl ihrer Kleinheit wegen eine Prüfung des Gesetzes der Abnahme im Verhältnifs des Quadrates der Entfernung nicht zulassen [11]. Ausführlich ist diese Frage ferner behandelt durch Libes [12]. In Gemäfsheit einfacher mathematischer Demonstrationen folgert dieser 1. dafs das

---

1 Grundrifs d. theor. Phys. Leipz. 1809. I. 31. ff. 108. ff.
2 Hist. Nat. des Quadrup. IV. 32.
3 Vom Ursprunge d. magnet. Kräfte. a. d. Fr. von Bourguet. Halle. 1794.
4 Kleine physisch-chem. Werke. III. 361.
5 Gren N. J. IV. 85.
6 Essay de Chim. méc. im Anf.
7 Grundsätze d. chem. Affin. herausgeg. von Hermbstaedt, Berl. 1794.
8 Phil. Nat. Theoria. Viennae 1794.
9 Anfangsgr. d. Naturl. Absch. VI. §. 180.
10 Anfangsgr. d. Naturl. §. 58. ff.
11 Com. Soc. Gott. XVI. 33.
12 J. d. Ph. LIV. 391. 443.

Newtonsche Gesetz der Anziehung in den (*unendlich* kleinen) Molecülen der Körper eine unendlich gröfsere Kraftäufserung in der Berührung hervorbringen mufs, als in jeder mefsbaren Entfernung, und dafs es daher überflüssig ist, zu einem anderen Verhältnisse der Entfernung, etwa dem cubischen zur Erklärung der gesammten Erscheinungen der Anziehung seine Zuflucht zu nehmen; 2. dafs die Wirkung der moleculären Anziehung [1] unabhängig ist von der Masse des Körpers, nicht in das Innere des angezogenen eindringt, sobald der Radius beider über die Sphäre ihrer Wirksamkeit hinausgeht; 3. dafs das Gesetz der moleculären Anziehung unabhängig von der Form der Körper ist. Eine Aenderung der Figur eines Körpers mufs das Centrum der Anziehung verändern, hierdurch die Entfernung, und wird sonach die Erscheinungen abändern, obgleich das Gesetz unveränderlich ist.

Aehnliche Ansichten, in der Hauptsache nämlich, wonach alle Erscheinungen der Anziehung auf das allgemeine Newtonsche Gesetz zurückgeführt werden können, hegen ferner G. G. Schmidt [2], welcher noch bestimmter hinzufügt, dafs manche Erscheinungen vielleicht erklärlich werden, wenn man den kleinsten Theilchen der Körper gewisse Formen, und den verschiedenen Flächen derselben eine ungleiche Anziehung beilegt, welche sich namentlich in dem krystallinischen Gefüge der Körper offenbart; desgleichen Hildebrandt [3], Erman [4], Kastner [5], Biot [6], Neumann [7], vorzüglich J. B. Emmet [8] u. a. Die Anhänger der oben erwähnten Kantischen Dynamik gehen selten ge-

---

1 Nach dem Titel der Abhandlung versteht Libes unter attraction moleculaire zunächst die affinité chimique.

2 Handbuch d. Nat. I. §. 18. u. 50. b.

3 Anfangsgründe der dynam. Naturl. Erlang. 1807. I. 77. u. 101.

4 G. XXXII. 262.

5 Grundrifs d. Experimentalphysik. Heidelb. 1820. I. §. 32. §. 71. 5. §. 89. ff.

6 Traité I. 5. u. 248.

7 Lehrbuch der Physik. Wien. 1818. 2 vol. 8. I. §. 180. u. 445.

8 Ann. of Phil. XVI. 180 ff. N. S. I. 80. III. 425.

nauer und tiefer in die Erörterung dieser Aufgabe ein, und begnügen sich meistens mit allgemeinen Ausdrücken. Um consequent zu seyn, können sie nicht umhin, alle Phänomene der Anziehung als unmittelbare Aeufserungen der *einen* Grundkraft, nämlich der *Ziehkraft* anzusehen. Indefs schliefst dennoch HILDEBRANDT [1] die chemische Anziehung als eine besondere Modification von der allgemeinen Attraction aus.

Die ganze Untersuchung erhielt ein neues Interesse, als BERTHOLLET seine Theorie von der *chemischen Masse* aufstellte. Dieser Gelehrte behauptete nämlich, und unterstützte seine Behauptung durch triftige Gründe, die chemischen Wirkungen ständen im zusammengesetzten Verhältnisse der Massen und des Grades der Verwandtschaft, wonach also die chemischen Anziehungen eben wie die in grössere Fernen wirkenden der Gröfse der Massen proportional wären [2]. LA PLACE, indem er dieser Ansicht beitrat, und in derselben mit Freuden eine Aufforderung erkannte, alle Erscheinungen der Anziehung auf die einfache Newtonsche Attraction zurückzuführen, äufserte, dafs zwischen den sich berührenden Bestandtheilen fester Körper keine absolute Continuität anzunehmen sey, und man daher ihre Cohäsion, Elasticität, Härte und selbst die chemische Verwandtschaft allerdings als Wirkung einer den Massen directe und den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportionalen Anziehung ansehen könne, wenn man die Durchmesser der Elemente gegen ihre Abstände als verschwindend ansähe. Dafs sich nach dieser Hypothese die Cohäsion und um so mehr auch die Adhäsion auf das allgemeine Newtonsche Gesetz zurückführen lasse, haben J. T. MAYER, G. G. SCHMIDT, J. B. EMMET u. a. durch den Calcül zu beweisen versucht, J. F. FRIES aber hat es später als unmöglich angegeben [3].

Weit mehr Aufmerksamkeit, als bisher derselben geschenkt ist, verdient insbesondere eine von J. T. MAYER [4]

---

1 a. a. O. Vorr. XV.

2 Mém. de l'Inst. III. 1 ff. 207 ff. Vergl. *Verwandtschaft.*

3 S. *Cohäsion.*

4 De affinitate chemica corp. coel. in Comm. Soc. Gott. XVI. 31.

unlängst aufgestellte Hypothese, dafs die Himmelskörper leicht aus ungleich anziehenden, oder eine chemische, in der Berührung durch Wahlverwandtschaft kenntliche Anziehung ausüben, so dafs dann die Summe dieser verschiedenen Attractionen bei der Gröfse der Himmelskörper die Erscheinungen der Gravitation erzeuge. Hierdurch wäre allerdings der Unterschied zwischen chemischer Anziehung und der Newtonschen Attraction aufgehoben, und da wir die Bestandtheile der Himmelskörper und deren specifische Anziehung nicht kennen, mithin die Voraussetzung, dafs sie aus gleichartiger Masse bestehen, durchaus nicht begründet ist; so kann auch die Erfahrung, wonach die Anziehung der Massen proportional seyn soll, nicht zum Gegenbeweise dienen. Ueberdas aber bemerkt schon Mayer, dafs die Untersuchung der Perturbationen dieses Gesetz sehr zweifelhaft mache [1], noch mehr aber die unmerkliche Störung, welche die Kometen verursachen, obgleich man diese aus ihrer geringen Masse zu erklären suche, ohne dafs jedoch hierfür ein anderer genügender Beweis existire. Ganz vorzüglich scheint indefs die Berechnung des Enke'schen Kometen fast nothwendig zu fordern, dafs die Planeten gegen die verschiedenen Himmelskörper eine verschiedene Anziehung ausüben, weil ihre Massen mehrfach abgeändert werden müssen, wenn man die Beobachtungen der Störungen verschiedener Planeten auf das nämliche Gesetz zurückführen will [2]. Ob es möglich sey, hiermit die späteren Ansichten La Place's [3] in Einklang zu bringen, wonach die moleculäre chemische und capillare Anziehungen mindestens in ihren Aeufserungen verschieden seyn sollen, in-

---

1 p. 40: .... illa lex, ex perturbationibus planetarum mutuis non directe sequitur.

2 Enke in astronom. Jahrb. 1826. p. 128. Schumacher Astron. Nachrichten 1823. I. N. 8.

3 Ann. de Chim. et Ph. XII. 8. Schon früher findet sich die nämliche Ansicht desselben in J. de Ph. LXIII. 474. G. XXXIII. 133. Immer aber bleibt es bei dieser Erforschung des allgemeinen Naturgesetzes dunkel, wodurch die, in der chemischen Affinität mit ganzer Stärke wirkende Anziehungskraft in der Capillarattraction mit geringerer Intensität wirkt, wenn anders in beiden Fällen unmittelbare oder nahe unmittelbare Berührung der Körperelemente statt findet.

dem jene in ihrer ganzen Stärke, aber mit der Entfernung stark abnehmend, diese dagegen weit schwächer, und von der Krümmung der Oberflächen in den haarröhrenartigen Räumen abhängig wirken soll, darüber ist bei der Schwierigkeit des ganzen Problems nicht leicht zu entscheiden. Sehr bestimmt, und dabei höchst sinnreich, zugleich auch in das eigentliche Wesen der Erscheinungen eingehend ist die Vermuthung eben dieses grofsen Geometers [1], dafs die nämliche Kraft der allgemeinen Anziehung, bedingt, durch die Gestalt der Körperelemente und der Einflufs der Wärme, als Ursache der Cohäsion, der Festigkeit, Flüssigkeit und Expansion anzusehen sey.

Eine Erwähnung und Berücksichtigung verdient auf allen Fall eine allerdings scharfsinnige Prüfung der oben erwähnten Hypothese La Place's durch G. Belli [2], welche im Allgemeinen darauf hinausläuft, dafs die Voraussetzung so kleiner Körperelemente, mit Anziehungskräften versehen, zu hypothetisch sey, die gehörige Würdigung der vielfachen Erscheinungen vielmehr auf einen Unterschied der Gravitations-Anziehung und der moleculären führe. Letztere soll dann, nach Newton's beiläufiger Aeufserung, in einem weit höheren Verhältnisse, als dem quadratischen des Abstandes abnehmen, und daher blofs in der Berührung eine bedeutende Wirkung zeigen, in mefsbarer Entfernung aber verschwinden, und keine Störung der Gravitationsbewegungen hervorbringen. Diese ist dann die Ursache der *Cohäsion* (Adhäsion und Capillarattraction), der *Brechung des Lichtes* und der *chemischen Verwandtschaft*, und wirkt im umgekehrten höheren als fünffachen Verhältnisse des Abstandes. Weit weniger wissenschaftlich begründet, und überhaupt das eigentliche Wesen der Sache nicht bestimmt treffend ist endlich die Ansicht Carradori's [3], wenn er darzuthun sucht, dafs es eine besondere Flächenanziehung gäbe, welche aber von der Adhäsion und deren

---

1 G. a. a. O. 134.
2 Brugnatelli Giorn. V. 110.
3 Brugnatelli Giorn. III. 373.

Wirkung, der Capillarattraction verschieden, also als eine für sich bestehende Kraft anzusehen sey.

Suchen wir nach allem diesen den Standpunct der Wissenschaft für den gegenwärtigen Augenblick in Beziehung auf den vorliegenden Gegenstand festzustellen, so läſst sich Folgendes als ausgemacht annehmen:

1. Daſs Anziehungs-Aeuſserungen im Allgemeinen aller Materie zukommen, ohne daſs sich bis jetzt darüber entscheiden läſst, ob dieselben von einer wirklich für sich bestehenden oder nur als solche denkbaren und dem Begriffe nach unterscheidbaren Attractionskraft herrühren, oder in dem noch unbekannten eigentlichen Wesen der Materie gegründet sind.
2. Daſs die *Gravitation* und die mit ihr dem Wesen nach identische *Schwere* als einfache Wirkungen der Attraction nach dem von Newton aufgestellten Gesetze anzusehen sind.
3. Die Erscheinungen der *Cohäsion* und *Adhäsion* lassen sich auf allen Fall als Wirkungen einer Attraction betrachten, welche ihrem Wesen nach mit der allgemeinen Attraction in so fern identisch seyn mag, als mit einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit, wo nicht der Gewiſsheit erwiesen ist, daſs die Durchmesser aller Körperelemente, wenn gleich ungleich groſs, doch verschwindend klein sind, zugleich aber nicht in unmittelbarer Berührung mit einander, sondern in meſsbarem Abstande von einander sich befinden, insofern sie durch Verminderung der Wärme näher kommen: so daſs also die Bedingungen der Hypothese von La Place und des Calcüls von Schmidt u. a. in dieser Hinsicht als zulässig erscheinen müssen. Weil jedoch aus einer allein und ohne Modification wirkenden Attraction nicht bloſs eine unendliche, sondern auch eine bei allen Körpern gleichartige Dichtigkeit folgen würde, so muſs zur consequenten Erklärung der Phänomene nicht bloſs irgend eine Ursache angenommen werden, wodurch die Attraction limitirt wird [1], sondern auch in Gemäſsheit der ungleichen Cohäsion und

---

1 S. *Abstoſsung.*

Adhäsion der Körper unter sich und gegen andere eine Verschiedenheit der Materie und ein ungleiches Verhältniſs derselben zur Attraction und ihrer Limitirung. Berücksichtigt man aber noch auſserdem die eigenthümliche, und nach bestimmten Gesetzen stets regelmäſsige Form, worin die krystallisirten Körper gebildet und zerspalten werden, so kann man hiernach und nach den Erscheinungen der Lichtpolarisation und doppelten Brechung nicht wohl umhin, eine eigenthümliche Form der Körperelemente und eine durch die Lage ihrer Axen, Pole und Flächen bedingte Anziehung sowohl überhaupt, als namentlich bei der Krystallbildung anzunehmen [1].

4. Hinsichtlich der chemischen Verbindungen ist zwar nicht zu leugnen, daſs auch diese auf eine gewisse Art der Anziehung zurückgeführt werden können. Ob aber diese mit der allgemeinen, der Masse directe, und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional wirkenden Anziehung identisch sey, ist eine andere, schwerlich zu bejahende Frage. Die Unhaltbarkeit der Bertholletschen Theorie ist durch entscheidende Gründe dargethan. Wäre sie indeſs auch richtig, so würde doch aus der eigenthümlichen Wahl der angezogenen Substanzen folgen, daſs die Attraction nicht auf gleiche Weise allen in Conflict kommenden materiellen Theilchen eigenthümlich sey. Wir müssen daher auch hierbei annehmen, daſs individuelle Anziehungsgesetze (Wahlverwandtschaft) das allgemeine Bestreben nach Verbindung modificiren, und wenn die chemische Masse hierbei die Stärke der Anziehung bedingte, so würde man doch wieder auf eine eigenthümliche Wirkungsart zurückkommen müssen, indem ohnehin jedes materielle Element der allgemeinen Anziehung durch die Erde unterworfen ist [2].

---

1 S. *Krystallisation.*

2 Ueber Davy's Hypothese, wonach die Anziehung der verschiedenen Körperelemente aus der bei ihrer Berührung entstehenden ungleichen Elektricität erklärt werden soll. Ann. de Chim. LXIII. 229 ff. und die Anhänger dieser Hypothese. S. *Elektrochemismus.*

5. Eine Wirkung in die Ferne (actio in distans) ohne zwischenliegendes Mittel, wie diese bei der Attraction als Ursache der Gravitation angenommen zu werden scheint [1], bleibt immer schwer vorstellbar [2]. Indeſs berechtigt dieses keineswegs dazu, die Sache selbst deswegen zu verwerfen, indem uns ohnehin noch gar nicht bekannt ist, ob überhaupt, und was für ätherische Stoffe die sogenannten leeren Räume erfüllen mögen, von deren Daseyn oder Nichtexistenz wir vielleicht niemals Gewiſsheit zu erlangen vermögen.

Aus allem diesen ergiebt sich, daſs die Thatsachen bei weitem *noch nicht* genügend ergründet sind, um über das eigentliche Wesen und das allgemeine Gesetz der Attraction und die besonderen Modificationen derselben mit völliger Gewiſsheit zu entscheiden [3].

Um endlich das Schwankende und Unbestimmte, was bei den Bezeichnungen der verschiedenen, zur Attraction gehörenden, Erscheinungen der Gravitation, Schwere, Adhäsion u. s. w. obwaltet, durch einen bestimmten Sprachgebrauch zu beseitigen, wie derselbe wenigstens in diesem Werke angenommen ist, bezeichnet *Attraction* das Allgemeine; *Schwere* die Anziehung der Erde gegen ihre Bestandtheile und gegen Körper in geringer Entfernung von derselben, ihren Halbmesser als Einheit angenommen;

---

1 Kant Metaph. Anf. d. Naturw. Riga 1787. p. 53.

2 Ueber eine eigenthümliche Anziehung, wonach die aus dem Moschus durch die Einwirkung des Lichts ausgeschiedene Feuchtigkeit im Schatten auf eine Entfernung von 1 Zoll im torricellischen Vacuo wieder aufgesogen wurde. S. meine physikalische Abhandl. Gieſsen 1816. p. 448.

3 Die zahlreichen Anwendungen des allgemeinen Attractionsgesetzes auf specielle Fälle und die geometrische Auflösung der dahin gehörigen Probleme, namentlich die Anziehung der Körper mit ebenen Flächen nach Playfair in Edinb. Phil. Tr. VI. 228. Knight in Phil. Tr. 1812. p. 247. Bessel in Mon. Cor. XXVII. 82; und Mollweide ebend. p. 26; desgl. die Anziehung der Sphäroide nach Euler in Com. Pet. X. 102; Lagrange in Journ. de l'École Polyt. cah. XV. 57; Legendre in Mém. de l'Inst. 1810. II. 155; Laplace in Mém. de l'Ac. 1782; Biot in Mém. de l'Inst. IV.; Plana in Mém. di mat. et di fis. della Soc. It. XV; Ivory in Phil. Tr. 1812. I; und insbesondere Gauss im Com. Rec. Gott. II. Mon. Cor. XXVIII. 37 und 125. können hier nicht erörtert werden.

Gravitation diejenige Anziehung, welche die im Himmelsraume schwebenden Körper gegen einander ausüben; *Cohäsion* den Zusammenhang fester, gleichartiger und ungleichartiger Körper, so lange sie noch ein ungetrenntes Ganzes bilden; *Adhäsion* die Anziehung oder Anhängung getrennter fester Körper an einander, der flüssigen und expansibelen Körper unter einander und gegen feste Körper; *Capillar-Attraction* und *Depression* die positive und negative Anziehung tropfbarer Flüssigkeiten in haarröhrchenartigen Räumen fester Körper; *Chemische Anziehung* endlich das durch die eigenthümliche Beschaffenheit der einfachen Bestandtheile der Körper und ihrer Verbindungen bedingte Bestreben, sich nach den Gesetzen der Verwandtschaft mit einander zu verbinden. *M.*

Apertur *S.* Fernrohr.

Aphelium *S.* Sonnenferne.

Apogäum *S.* Erdferne.

Apsiden.

Apsides; Auges; Apsides ou Absides; *Apses or Apsides;* sind in der elliptischen Planetenbahn die beiden Puncte, wo der Planet der Sonne am nächsten und von der Sonne am entferntesten ist[1]. *B.*

Apsidenlinie.

Linea apsidum; ligne des apsides; *line of apsides.* Die zwischen den beiden Puncten der Apsiden gezogene gerade Linie. Sie ist zugleich die grofse Axe der Planetenbahn, (axis orbitae, le grand axe de l'orbite) und geht durch die Sonne, welche im Brennpuncte der Bahn steht, und

---

1 Dafs das Wort von *ἁψὶς* oder *ἀψὶς* herkömmt, darüber sind alle Schrifsteller einig; aber einige leiten es von der Bedeutung: Wölbung oder Bogen, andre (z. B. Kepler epitome astron. Copernic. Lib. V. p. 2.) von der Bedeutung: Berührung her. Plinius (hist. nat. II. 16.) gebraucht es schon so ziemlich in einer Bedeutung, die mit der jetzigen übereinstimmt; aber Plutarch, (der freilich überhaupt dieser Gegenstände wenig kundig zu seyn scheint,) mufs sich wohl etwas andres dabei gedacht haben. De placitis philos. II. 20. 25. 29. Das Wort Auges soll aus dem Arabischen herkommen.

durch den Mittelpunct der Bahn. Sie theilt die Bahn in zwei vollkommen gleiche Hälften, und der Planet braucht genau gleiche Zeiten, um die eine und um die andre Hälfte zu durchlaufen. Hierauf gründet *sich* ein Mittel, die Lage der *Apsidenlinie* der Erdbahn zu finden. Es ist nämlich leicht, aus den Sonnenbeobachtungen zwei solche zusammen zu finden, die eine genau um 180 Grade verschiedene Länge der Sonne angeben. Bei zwei solchen Beobachtungen hat sich allemal die Erde, wie in A, B, in zwei Puncten befunden, die in derselben durch die Sonne gehenden geraden Linie liegen. Sobald diese Linie AB nicht die Apsidenlinie ist, *so* ist der Flächenraum ADB kleiner als AEB, und die Erde braucht weniger Zeit, um ADB, als um BEA zu durchlaufen. Hat man also um die Zeit, da sich die Erde nahe bei den Apsiden befindet, die Zeit beobachtet, da die Erde durch FDG laufend ihre Länge um 180 Grade ändert, und diese etwas kürzer als die halbe Umlaufszeit gefunden; hat man dagegen die Zeit, die auf dem Bogen HDJ verwandt wird, schon etwas gröfser als die halbe Umlaufszeit gefunden, so müssen die Apsiden zwischen F, H und G, J liegen, und lassen sich, wenn jene Puncte nahe bei den wahren Apsiden sind, leicht durch Einschaltung finden.

Fig. 58.

Bei andern Planeten fände eine ähnliche Betrachtung statt.

Die Apsidenlinie behält ihre Lage nicht ganz unveränderlich, sondern durch die Einwirkung der übrigen Planeten rückt sie bei allen Planetenbahnen langsam fort[1]. *B.*

Apparat,

physikalischer; heifst jedes Werkzeug, oder jedes Instrument, welches eigentlich und zunächst zur Anstellung physikalischer Versuche bestimmt ist. Mehrere solcher Apparate machen dann eine Sammlung aus, und werden ein physikalisches Cabinet genannt, welches mehr oder minder vollständig seyn kann, obgleich eine absolute Vollständigkeit bei der sich täglich mehrenden Zahl der Entdeckungen, und der hierzu gehörigen Versuche kaum denkbar, geschweige denn erreichbar ist. Viele der älteren Apparate, welche mehr zur Belustigung, als zur Erforschung der Naturge-

1 Vergl. die Art. *Perturbation* und *Sonnenferne*.

setze dienten, in vielen Fällen mangelhaft oder schlecht gearbeitet waren, und ihren Namen von gewissen entfernten Aehnlichkeiten erhielten, z. B. *künstlicher Tantalus, Sieb der Vestalinnen*, von *Guericke's Wettermännchen, Bosen's Beatificatine* u. v. a. hat man allmälig aus den Sammlungen entfernt. Sie finden sich beschrieben und deutlich gezeichnet in den Werken von s'Gravesande[1], Muschenbroek[2] und unter den neueren Compendien vorzüglich im Succow[3]. Die später erfundenen und verfertigten Instrumente zeichnen sich durch grofse Zweckmäfsigkeit, Genauigkeit und Schönheit vortheilhaft aus, und sind im Allgemeinen entweder nach ihren Erfindern, oder nach ihrem Zwecke, den Namen meistens aus dem Griechischen entlehnt, benannt. Da sie bei den einzelnen Artikeln, wozu sie gehören, oder wenn sie vom allgemeinen Gebrauche sind, für sich angegeben und beschrieben werden, so wäre es überflüssig, sie hier aufzuzählen[4]. *M.*

Araeometer.

Hydrometer; Solwaage; Salzspindel; Solspindel; Bierwaage; Brandeweinwaage; Alkoholometer; *Araeometrum; Hygrobaroscopium; Baryllion;* Aréometre; Pese-liqueur; *Hydrometer; Araeometer;* heifsen alle diejenigen verschiedenen Werkzeuge, womit man die relative Dichtigkeit, mithin das spec. Gew. zunächst der Flüssigkeiten im Allgemeinen durch Einsenken in dieselben bestimmt. In einigen Fällen dienen dieselben auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper, und manche Schriftsteller betrachten Aräometer und *hydrostatische Waage* als gleichbedeutend,

1 S. Physices elementa mathematica. a G. J. s'Gravesande. Leidae 1748. II. T. 4.

2 Introductio ad phil. nat. L. B. 1762. III. T. 4. Institutiones physicae. ib. 1748. Cours de Physique experim. et math. Leyde 1769. III. T. 4.

3 Anfangsgründe der Physik und Chemie, nach den neuesten Entdeckungen von G. A. Succow. II. T. Augsb. 1813. T. I.

4 Vorzüglich reichhaltig an genauen und deutlichen Beschreibungen physikalischer Apparate ist: The Panorama of Science and Art cet. by J. Smith. 2d edit. Lond 1823. 2 Vol. 8. with 49. Plat. Preis 2 Lstl. 15 Stl.

welches indefs nach dem Beispiele der meisten hier nicht geschieht. Der Name des gebräuchlichsten Wortes Aräometer kommt her von ἀραιὸς, locker, dünn, und das allgemeine Princip, wonach sie construirt sind, beruhet auf dem hydrostatischen Gesetze, dafs ein gleich grofses Volumen einer leichteren Flüssigkeit weniger wiegt, als einer schwereren, und dafs daher ein gleich grofser fester Körper in einer leichteren Flüssigkeit tiefer einsinkt, als in einer schwereren, indem ein jeder Körper nach hydrostatischen Gesetzen in einer jeden Flüssigkeit so viel von seinem Gewichte verliert, als der vor ihm verdrängte Theil der Flüssigkeit wiegt, worin er eingetaucht ist. Heifsen nämlich D und d die Dichtigkeiten, P und p die Gewichte, V und v die Volumina zweier Flüssigkeiten; so ist $D : d = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$. Ein gegebener fester Körper wird daher nur dann in einer Flüssigkeit mit seinem ganzen Gewichte getragen werden, wenn der aus der Stelle getriebene Theil derselben so viel wiegt, als er selbst. Sinkt daher ein gegebener fester Körper in zwei ungleichen Flüssigkeiten ungleich tief ein, bis er völlig getragen wird, so ist in der gegebenen Formel $P = p$, und es wird daher

$$\text{I.} \quad D : d = v : V.$$

Sinkt er aber gleich tief ein, indem man sein Gewicht verändert, oder bestimmt man das Gewicht gleich grofser Voluminum durch Abwiegen verschiedener Flüssigkeiten in ein und demselben Gefäfse, so ist $V = v$ und demnach

$$\text{II.} \quad D : d = P : p.$$

Nach dem in diesen beiden Formeln ausgedrückten Gesetze sind die verschiedenen Werkzeuge construirt, welche am zweckmäfsigsten einzeln beurtheilt werden.

Die ersten Spuren der Aräometrie fallen in die dunkeln Zeiten des hohen Alterthums, aber ausgemacht ist aus dem Gedichte des Rhemmius Fannius Palaemon *de ponderibus et mensuris*[1], dafs Archimedes ein gut construirtes Aräometer von Blech mit einer in Grade getheilten Scale entweder erfand oder mindestens gebrauchte, und dafs man seitdem die

---

1 Wernsdorf Poetae lat. min. V. 510. Salverte in Ann. de Chim XXVII. p. 113. G. VI. 125.

spec. Gew. verschiedener Flüssigkeiten damit zu messen verstand. Von der nämlichen Art war daher ohne Zweifel das *Baryllion* der Alten, dessen Synesius von Cyrene, Bischof zu Ptolemais in seinem Briefe an seine Lehrerin Hypatia erwähnt[1], ohne daſs die letztere als die Erfinderin desselben anzunehmen ist. In Deutschland scheint der Gebrauch der Salzspindeln sehr alt zu seyn, wenigstens gedenkt Thölden in seiner 1603 herausgekommenen Halographie eines solchen Werkzeuges, welches aus einem hölzernen, unten mit Blei ausgegossenen Cylinder bestand, als einer längst bekannten Sache[2], Des-Chales[3] aber († 1678) giebt schon an, wie man dasselbe zum Abwägen nach Procenten des Salzgehaltes einrichten könne.

Seit dem Anfange eines gründlichern Studiums der Naturlehre hat man die verschiedenen Arten Aräometer vielfach verbessert. Einer der ältesten Verbesserer des nach der ersten Formel construirten, eigentlichen Aräometers mit fester Scale ist Robert Boyle, welcher die Gestalt desselben und seinen Gebrauch beschrieben[4], und einige Jahre nachher auch die Reinheit des Goldes damit zu prüfen gelehrt hat[5]. An eine cylindrische Glasröhre wird eine Kugel angeblasen, damit diese das ganze Werkzeug durch ihre Ausdehnung und ihr geringes Gewicht im Wasser statisch schwimmend erhält, und unter dieser befindet sich eine kleinere Kugel mit Quecksilber oder Schrot, um den Schwerpunct tiefer herabzubringen, und das Schwimmen in lothrechter Lage möglich zu machen. Statt der unteren Kugel wird zuweilen die gröſsere bloſs nach unten etwas verlängert, auch verfertigt man diese Spindeln von Metall, Bernstein, Elfenbein und andern Substanzen. Es versteht sich hierbei von selbst, daſs das Instrument in leichteren Flüssigkeiten tiefer einsinkt, als in schwereren, ohne daſs die bei den älteren und schlechteren willkührlich angebrachten Abthei-

Fig. 59.

---

1 S. Fermatii opera mathem. Tolosae 1679. fol. sub fin. J. S. Wolfii fragmenta mulierum graec. Gott. 1739. p. 368.

2 S. Leupold Theatrum Stat. univ. II. cap. 6.

3 Mundus math. Tract. XIV. T. II. p. 160.

4 S. Phil. Trans. II. N. 24. p. 447.

5 S. ib. X. N. 115. p. 329.

lungen oder sogenannten Graden das eigentliche Verhältnifs des spec. Gew. anzugeben vermögen. Zur Prüfung der Aechtheit der Goldmünzen benutzte Robert Boyle[1] dieses Werkzeug sehr einfach, indem er an die untere Kugel zwei normal über einander liegende feine Metalldrähte befestigte, eine ächte Goldmünze darauf legte, und den Punct, bis zu welchem das Aräometer in reinem Wasser einsank, auf der Scale bemerkte. Wurde dann statt der ächten Münze eine falsche aufgelegt, so sank dasselbe weniger tief ein. Vorzüglich hat sich Cornelius Meyer[2] hiermit beschäftigt, und giebt an, dafs er 1668 diese Erfindung gemacht, und zu diesem Zweck sechs verschiedene Arten solcher Goldwaagen verfertigt habe, welche dem späteren Fahrenheitschen Aräometer sehr ähnlich sind. Die Generalstaaten liefsen ihn, nach seiner Erzählung, durch eine Gesandtschaft um Mittheilung dieser Erfindung ersuchen.

Besser für den praktischen Gebrauch sind die sogenannten *Solwaagen*, *Gradirwaagen*, *Salzproben*, *Salzspindeln*, deren man sich schon in älteren Zeiten bediente, und welche empirisch graduirt wurden, indem man 1 Th. Salz in 99 Th. Wasser; dann 2 Th. Salz in 98 Th. Wasser u. s. w. auflösete, und die Puncte, bis wie tief die Spindel bei jeder Mischung einsank, auf der Röhre der Spindel oder innerhalb derselben bezeichnete[3]. Werden solche Werkzeuge von Glas oder Metall mit gehöriger Rücksicht auf die eigenthümliche Art und eine bestimmte Trockenheit der Salze, hauptsächlich aber auf eine hierbei erforderliche Normaltemperatur (welche entweder mit einem Thermometer gemessen, oder in dessen Ermangelung[4] durch mehrstündiges Hinstellen der zu wägenden Flüssigkeiten auf den Boden tiefer Keller in allen Jahreszeiten nahe gleichmäfsig erhalten werden kann), zwar empirisch aber mit hinlänglicher Genauigkeit graduirt; so sind sie für den gemeinen Arbeiter bei Salz, Alaun, Vitriol, Salpeter und Potasche - Siedereien,

---

1 Phil. Trans. 1674. Leupold Theatr. stat. univ. II. c. 6.
2 Nuovi Ritrovamenti divisi in due parti. Rom. 1696. fol.
3 Leupold a. a. O.
4 S. Munke Anfangsgründe der Experimentalph. I. 67.

desgleichen bei Branntweinbrennereien und Bierbrauereien, wie auch endlich für den gemeinen Polizeiaufseher die brauchbarsten Werkzeuge. Oft begnügt man sich, für diesen praktischen Zweck nur einen Punct als Normalpunct, bis wie tief die Spindel einsinken darf, anzugeben, wie dieses z. B. bei den Danziger Bierwaagen von Bernstein und andern polizeilichen Bierwaagen der Fall ist. Faggot[1] schlug dagegen vor, für das Schwedische Bier den Spindeln vier Grade zu geben, welche reinem Biere und Mischungen von 3; 2 und 1 Th. Bier mit 1; 2 und 3 Th. Wasser entsprechen, oder diese Puncte vermittelst ungleich starker Salzsolen zu bestimmen. Wenn in solchen Mischungen nur zwei Substanzen enthalten sind, so giebt diese Methode allerdings genaue Resultate. Sind aber mehr als zwei Stoffe mit einander verbunden, insbesondere aber solche, deren einige die Mischung leichter, andre aber schwerer machen, z. B. Weingeist, Kohlensäure, Schleimzucker, Extractivstoff, Salze, Säuren, Weinstein u. a.; so müssen die Proben mit diesen Spindeln entweder ganz unbestimmt oder trüglich seyn, und es ist daher die Frage, ob Bier und junger Wein auf diese Weise überhaupt geprüft werden können[2].

Die auf die angegebene Weise graduirten Aräometer sind nicht allgemein, sondern nur für eine bestimmte Mischung individueller Substanzen bei einer gegebenen Temperatur anwendbar. Man suchte daher ihre allgemeine Anwendbarkeit dadurch zu erhalten, daſs man zwei feste Puncte bestimmte, und den zwischenliegenden Raum in bestimmte Theile theilte. Die festen Puncte können nicht füglich andere seyn, als solche, wodurch die vollkommenste Reinheit und die gröſste Menge der Beimischung ausgedrückt wird. Theilt man den Raum des genau cylindrischen Spindelhalses zwischen diesen beiden Normalpuncten in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, so beruhet dieses auf der Voraussetzung, daſs die Veränderungen der Dichtigkeiten der zu untersuchenden Flüssigkeiten den Zunahmen des einsinkenden Theiles der Spindel umgekehrt proportional sind. Daſs

1 S. Schwed. Abh. üb. v. Kästner 1763. p. 49.
2 Meisner Araeom. p. 101 ff.

diese, bei den gemeinen Aräometern, namentlich denen von Beaumé, Cartier, Richter u. a. in Anwendung gebrachte Voraussetzung falsch sey, läfst sich am leichtesten durch folgende Betrachtung anschaulich machen. Es sey das Volumen der *einsinkenden* Aräometerkugel $= A = 10$; das Volumen des Halses (der Röhre oder Spindel) $= a = 5$; das Volumen eines der 50 gleichen Grade, worin die Spindel von der Kugel an getheilt ist $= b = 0{,}1$; so müfste $b : A = b : A + a$; also in Zahlen $0{,}1 : 10 = 0{,}1 : 15$ seyn, welches offenbar ungereimt ist. Diesemnach mufs also entweder bei gleicher Länge der Grade der Hals des Aräometers ungleich dick seyn, oder es müssen bei vollkommener Cylinderform des letzteren die Grade ungleich lang, und dem eingesenkten Theile proportional seyn, oder aber man mufs bei gleichen Graden einer cylindrischen Röhre die denselben zugehörigen spec. Gew. eigens berechnen. Mit mehrerer oder minderer Berücksichtigung dieser nothwendigen Bedingungen sind nach und nach eine grofse Menge von Aräometern in Vorschlag gebracht, und wirklich ausgeführt, von denen die bekanntesten näher zu beschreiben die Wichtigkeit und Allgemeinheit ihrer Anwendung nothwendig macht.

Fig. 60. Musschenbroek[1] giebt an, man solle die Spindel unten mit einem angeschrobenen Gewichte beschweren, so dafs sie in Regenwasser bis an das Ende des Styles einsinkt, in einer Flüssigkeit aber, wovon ein gleiches Volumen 40 Gran mehr wöge, nur bis an den Anfang des Stieles, und dann sey dieser in 40 gleiche Theile zu theilen, damit ein jeder derselben eine Zunahme von 1 Gr. angäbe[2]. Für Flüssigkeiten, bei welchen die Gewichtszunahme eines gleichen Volumens mehr oder weniger als 40 Gr. betrüge, könne man schwerere oder leichtere Gewichte anschrauben. Es ergiebt sich aus späteren Untersuchungen, dafs auf diesem Wege das Ziel nicht erreicht wird.

Die von Musschenbroek angegebene Construction hat man im Wesentlichen späterhin beibehalten. Abweichend

1 Introd. II. §. 1384.

2 Desaguliers in Phil. Tr. XXXVI. 277. schlug eine kupferne Kugel mit angeschrobenem Gewichte vor.

davon ist ein sehr einfaches Aräometer, welches Heinsius in Leipzig bei seinen hydrostatischen Versuchen in den Vorlesungen zu zeigen pflegte[1], welches aus einem sehr genau gearbeiteten Parallelopipedum von leichtem und zugleich möglichst festen Holze besteht, an jeder Seite mit einer in etwa 1000 Theile getheilten Linie, um auch bei schiefer Lage desselben den eingetauchten Theil genau messen zu können. Sinkt dasselbe dann z. B. in Regenwasser bis 550 Th. ein, in einer leichteren Flüssigkeit bis 600, so wäre das Verhältniſs hierdurch gegeben, und das spec. Gew. der Flüssigkeit = 550 : 600 = 0,916.... Die Verfertigung dieses Instrumentes von Holz, und die hieraus folgende schiefe Lage desselben in den Flüssigkeiten sind entschiedene Mängel desselben; würde es aber aus Metall als nicht sehr dicke und nicht übermäſsig lange, hohle cylindrische Röhre von dünnen Seitenwänden verfertigt, und der Schwerpunct so angebracht, daſs es allezeit lothrecht schwimmen könnte, so wäre es eins der einfachsten und sichersten, den späteren Richterschen nahe kommendes Aräometer. Diesem ähnlich sind die Würfel von Eis, deren sich noch zuweilen die Seefahrer zur Auffindung des spec. Gew. desselben gegen Seewasser bedienen[2]. Die Schwierigkeit, zwei absolute feste Puncte zu erhalten, und die Unterschiede der einsinkenden Theile des Aräometers mit den Veränderungen der Dichtigkeiten in Uebereinstimmung zu bringen, hat vor allen zuerst Brisson überwunden[3]. Ist nämlich die Dichtigkeit des Wassers zu der einer andern Flüssigkeit $= D:d$, und sinkt das Aräometer in Wasser mit dem Volumen b ein, so muſs es in der leichteren Flüssigkeit um den Raum $b\frac{D}{d}$ einsinken. Soll es nun im Wasser gleichfalls um den Raum $b\frac{D}{d}$ einsinken, so muſs sein Gewicht, wenn es anfangs $= p$ war, als es im Wasser mit dem Vo-

1 Nach seines Zuhörers, Gehlers, Zeugnisse.

2 Parry zweite Reise zur Entdeckung cet. d. Ueb. 1822. S. 148.

3 S. Dictionaire de physique Art. Aréometre. Mém. de l'Ac. 1788 583, wo sich die Tabellen zur Graduirung befinden.

lumen b einsank, nunmehro $= p\frac{D}{d}$ werden. Vermehrt man also das Gewicht um $p\frac{D}{d} - p = p\frac{D-d}{d}$, so sinkt es so tief ein, als es in einer Flüssigkeit von der Dichtigkeit $= d$ einsinken würde. Nennt man also die Dichtigkeit des Wassers $= D = 1000$, und läfst d nach einander $= 990$; 980; 970 . . ., werden, so erhält man $\frac{D-d}{d} = \frac{10}{990}$; $\frac{20}{980}$; $\frac{30}{970}$; . . .; wonach bei einer bestimmten Temperatur, wozu Brisson 14° R. wählt, die Puncte des Einsinkens in leichteren Flüssigkeiten bestimmt werden können. Derjenige Punct, bis auf welchen das Instrument in Regenwasser einsinkt, ist 1000; es werden dann nach einander $\frac{10}{990}$; $\frac{20}{980}$ . . . . vom ganzen Gewichte des Instrumentes an Quecksilber zugegossen, und die Puncte des Einsinkens mit 990; 980 . . . bezeichnet. Hierdurch ist die Scale von 10 zu 10 Graden genau den spec. Gew. entsprechend getheilt, und man darf dann ohne bedeutenden Fehler die einzelnen hierzwischen liegenden Grade in gleichen Abständen auf die Scale zeichnen, oder auch diese zu gröfserer Genauigkeit gleichfalls abwiegen, welches übrigens höchst mühsam seyn würde. Für schwerere Flüssigkeiten, als Wasser, wird $D - d$ negativ, folglich ist das anfängliche Gewicht $= p\frac{D-d}{d}$ um $\frac{10}{1010}$; $\frac{20}{1020}$ . . . zu vermindern, wenn man auch diesen Theil der Scale zeichnen will. Giebt man demnächst dem Instrumente sein anfängliches Gewicht $= p$ wieder, so zeigen die Grade, bis zu denen es bei der Normaltemperatur einsinkt, das spec. Gew. der Flüssigkeiten. Indem hierdurch vollkommene Genauigkeit erreicht wird, so ist zu bewundern, dafs solche Apparate nicht gebräuchlicher geworden, vielmehr eigentlich ganz unbeachtet geblieben sind. Zur Vermeidung der Kostbarkeit hätte man die gewöhnlichen Instrumente immerhin nach einem genauen Normal - Instrumente graduiren können. Wahrscheinlich fanden indefs die empirisch arbeitenden Künstler die ganze Demonstration zu schwierig.

Eine etwas zusammengesetzte Vorrichtung, um die verschiedenen Puncte, bis zu welchen das Aräometer beim Verfertigen durch die Veränderung seiner Gewichte einsinkt,

genau auf die, nachher in die Röhre zu schiebende papierne Scale zu zeichnen, giebt Montigny an [1]. Ein elfenbeinerner Stab hl mit einem genau schliefsenden Schieber hn wird von einem messingnen, das Glas umschliefsenden (oder auf dem Boden befestigten) Träger mm getragen. Ist das Aräometer bis zum Normalpuncte eingesenkt, so berührt der Schieber bei fn die Spitze desselben. Sinkt es durch Vermehrung des Gewichtes tiefer ein, so drückt man den Schieber bis zur Berührung der Spitze herab, und zeichnet i oder k... mit dem Bleistifte auf den elfenbeinenen Stab, und trägt die Scale von diesem auf das Papier. Wollte man indefs die spec. Gew. aller ungleich dichten Flüssigkeiten auf eine einzige Scale bringen, so würden die Grade entweder zu klein werden, oder die Spindel umschlagen. Brander und Höschel [2] verfertigten daher nach den angegebenen richtigen Grundsätzen [3] sechs Senkwaagen, deren eine die spec. Gew. zwischen 0,983 und 1,018; die zweite von 1 bis 0,928; die dritte bis 0,857; die vierte von 1 bis 1,071; die fünfte bis 1,143 angiebt, die sechste aber den Gehalt des Salzes in einem Wiener Cub. F. Sole. Bei dieser letzteren liegen die von Lambert [4] angestellten Untersuchungen über den Gehalt der Salzsolen zum Grunde.

Fig. 61.

Beaumé [5] gab ein nach ihm benanntes Aräometer an, welches seiner Mängel ungeachtet am meisten gebraucht wird. Als feste Puncte wählte er reines Wasser und eine Salzsole von 1 Th. trocknem Kochsalze und 9 Th. Wasser, bezeichnete die Puncte des Einsinkens mit 10 und 0, theilte den Raum in 10 gleiche Theile, und trug noch 40 solcher Theile auf das übrige Ende der Scale. Hiermit glaubte er den Grad der Rectification geistiger Getränke und ihr spec. Gew. zugleich bestimmen zu können. Da sich aber beide

Fig. 62.

1 Mém. de l'Ac. 1768. p. 435.

2 Nachricht hiervon ist beigefügt: Beschreibung des neuen Spiegelquadranten nach Hadley's Theorie. Augsb. 1777.

3 Lehrbegr. d. gesammten Mathematik. Aufgesetzt von W. J. G Karsten. 2te Aufl. Greifswald 1778. I. Bd. II. p. 198.

4 Hist. de l'Acad. de Prusse. 1762. XVIII. 27.

5 Avant-Coureur 1768. Nro. 45. 50. 51. 52. 1769. Nro. 2.

nicht in gleichen Verhältnissen verändern[1], so beabsichtigte er bloſs eine übereinstimmende Sprache der Aräometer zu erhalten, obgleich auch dieses unmöglich ist, weil die Art, vorzüglich aber der Grad der Reinheit und Trockenheit des gebrauchten Salzes nicht überall genau bestimmt werden kann. Wäre sonst dieses, so lieſsen sich aus dem spec. Gew. der Salzsole und des Wassers die spec. Gew. anderer Flüssigkeiten aus den Graden, bis zu welchen die Aräometer in ihnen einsinken, berechnen. Nachher construirte Beaumé ein Aräometer auch für schwerere Flüssigkeiten als Wasser, indem er den Punct des Einsinkens in Wasser = 0 und in eine Mischung von 85 Th. Wasser und 15 Th. trocknen Kochsalzes = 15 annahm, und solche Grade nach unten bis 70 und mehrere auf die Scale zeichnete[2]. Hiermit lieſsen sich zwar alle Flüssigkeiten, schwerer als Wasser und leichter als Quecksilber abwiegen; allein es treffen dieses Instrument die nämlichen Einwürfe als das andere. Aus der Vergleichung beider ergiebt sich übrigens, daſs bei dem ersteren der Dichtigkeitspunct für Wasser auf 10°, bei dem zweiten aber auf 0° fällt, und es riethen daher einige Gelehrte, den Dichtigkeitspunct für Wasser überhaupt auf 0° zu setzen, und dann gleiche Grade über und unter diesem Puncte zu wählen; welcher Vorschlag indeſs keine allgemeine Aufnahme fand. Bloſs die Pharmacopoea Batava von 1805 verordnet in Gemäſsheit eines Vorschlags der Amsterdamer Aerzte, daſs die Aräometer auf dem Puncte der Dichtigkeit des Wassers 0, in einer Mischung von 9 Th. Wasser und 1 Th. Kochsalz 10 Grad zeigen, und dann gleiche Grade über und unter 0 aufgetragen werden sollten. Man nennt solche Aräometer *holländische*.

Fig. 63.

So allgemein indeſs die Beauméschen Aräometer auch gebraucht wurden, so fühlte man doch bald, daſs sie die spec.

---

1 Brisson Mém. de l'Ac. 1788 p. 583.

2 Elements de Pharmacie théorique et pratique par A. Beaumé; à Paris 1769. p. 468. Vergl. de Manchy l'Art du distillateur d'eaux fortes. Par. 1775 p. 100, und dessen Uebersetzung: de Manchy's Laborant im Groſsen. Leipz. 1784. I. 292. Anm. von Struve und Hahnemann. Gattey in Nouveaux Mém. de l'Ac. de Dijon. 1788. I. 187 und daraus in v. Crell's Ann. 1789. I. 146.

Gew. der Flüssigkeiten nicht selbst angaben, und es unternahmen daher einige Gelehrte, namentlich GILPIN[1] und GERSTNER[2], VAUQUELIN und THENARD[3], HASSENFRATZ, BINGLEY[4] u. a. diese letzteren für die Grade der Aräometer zu berechnen und beide in Tabellen zusammenzustellen[5], deren sich manche bedienen, um beide Gröfsen auf einander zu reduciren.

HALLSTROEM[6] prüft diese verschiedenen Berechnungen, und bemerkt dabei, dafs abgesehen von den engen Räumen der Grade des Aräometers und der selten vollkommen genauen Cylinderform auch die Temperaturen, bei welchen die den Berechnungen zum Grunde liegenden Beobachtungen angestellt wurden, verschieden angegeben werden. Das Mittel, dessen man sich allgemein bedient, um die den Graden des Aräometers zugehörigen spec. Gew. der Flüssigkeiten zu finden, besteht in Abwägungen desselben in destillirtem Wasser vermittelst bestimmter aufgelegter Gewichte, wodurch man indefs nur für einige Grade genaue Werthe erhält, für die zwischenliegenden aber blofs genäherte. Man senkt zu diesem Ende das Aräometer in destillirtes Wasser ein, so dafs es auf $0°$ steht, also wenn es für schwerere Flüssigkeiten bestimmt ist, als das Wasser, so müssen Gewichte aufgelegt werden, bis es an diesen Punct genau einsinkt. Dann wird das absolute Gewicht des Instrumentes gesucht, welches $= P$ sey, der Grad, welchen es zeigt, heifse G_0. Durch aufgelegte Gewichte $= P_1; P_2; P_3; \ldots$[7]

---

1 Nicholson's J. 1797. Apr. Ann. de Chim. XXIII. p. 183.

2 K. A. Neumann Lehrbuch der Chemie mit besonderer Hinsicht auf Technologie 1810.

3 Traité de Chimie élem. théor. et prat. Par. 1814. II. 253.

4 Hallstroem in Allgem. nordische Ann. d. Chemie von Scherer, Petersb. 1820. IV. 31.

5 Diese und andere ausführliche Tabellen finden sich in Meisners Aräom. Tab. XXIX. Eine kurze Tabelle von Hufs ist dem Lehrbuche d. Physik von J. P. Neumann, Wien 1818. Th. I. Tab. XI. beigefügt, allein alle geben verschiedene Werthe an, und es ist daher gleich zweckwidrig, eine derselben als alle aufzunehmen.

6 a. a. O.

7 HALLSTROEM schlägt Ringe vor, deren Gewichtsverlust im Wasser bestimmt ist, und welche auf die Röhre des Instrumentes geschoben

sinke dasselbe bis zu den Graden G_1; G_2; G_3; ... ein, so findet man die spec. Gew. der Flüssigkeiten, worin dasselbe bis zu diesen nämlichen Graden einsinkt, nämlich S_0; S_1; S_2; S_3; ..., wobei S_0 das dem Wasser zugehörige spec. Gew. bezeichnet, worin das Aräometer bis G_0 einsinkt, indem

$$S_1 = \frac{P}{P+P_1} S_0 ; \; S_2 = \frac{P}{P+P_2} S_0 ; \; S_3 = \frac{P}{P+P_3} S_0 \ldots \text{ ist.}$$

Aus diesen verschiedenen Werthen lassen sich die allgemeinen Gleichungen

$$S_1 = a + bG + cG^2 + dG^3$$
$$S_2 = a + bG_2 + cG_2^2 + dG_2^3$$
$$S_3 = a + bG_3 + cG_3^2 + dG_3^3$$
$$S_4 = a + bG_4 + cG_4^2 + dG_4^3$$

bilden, und somit die Coefficienten a; b; c; d ... bestimmen. Bei vollkommen cylindrischen Röhren genügen zwei Abwägungen, und die Bestimmung von a und b durch zwei Gleichungen. So fand *Hallstroem* durch die Abwägungen mit einem Beauméschen Aräometer bei 16° R.

$$P = 247{,}97 ; \; G_0 = 0 ; \; S_0 = 1$$
$$P_1 = 9{,}52 ; \; G_1 = 5 ; \; S_1 = 0{,}963$$
$$P_2 = 20{,}98 ; \; G_2 = 10 ; \; S_2 = 0{,}922$$
$$P_3 = 31{,}74 ; \; G_3 = 15 ; \; S_3 = 0{,}887$$
$$P_4 = 42{,}90 ; \; G_4 = 20 ; \; S_4 = 0{,}859$$

Hieraus findet man

$$S_1 = 0{,}963 = a + 5b$$
$$S_2 = 0{,}922 = a + 10b$$
$$S_3 = 0{,}887 = a + 15b$$
$$S_4 = 0{,}859 = a + 20b$$

Hieraus $3{,}625 = 4a + 50b$

$$44{,}400 = 50a + 750b$$

wonach $a = 0{,}997$; $b = -0{,}0073$

daher $S = 0{,}997 - 0{,}0073\,G$.

---

werden sollen; Bohnenberger in: Tübinger Blätter für Naturw. u. Arzneikunde von Autenrieth u. Bohnenberger. Tüb. 1816. II. H. 2. p. 257 schlägt ungleich zweckmäfsiger vor, vermittelst etwas Siegellack ein papiernes Schälchen oben an der Scale zu befestigen, dieses durch drei Seidenfädchen an die Waagschale einer hydrostatischen Wange aufzuhängen, und die Gewichte nach Befinden entweder in dieses Schälchen, oder in die andere Waagschale zu legen,

Durch das hier angegebene Verfahren kann man auch die Scalen, nicht bloſs verschiedener Beauméscher Aräometer, sondern auch solcher, welche von andern Künstlern verfertigt sind, mit einander vergleichbar machen, indem man die den Graden zugehörigen, durch das Abwiegen gefundenen spec. Gew. in eine Tabelle neben einander setzt[1]. Man wird indeſs unten sehen, daſs es nicht schwierig ist, ursprünglich richtige Aräometerscalen zu verfertigen, weswegen es überflüssig scheinen könnte, schlechte Instrumente hierdurch brauchbar zu machen, wenn nicht diese allgemeine Methode zugleich dazu diente, die Scalen der Aräometer zu prüfen.

Gleichzeitig mit den Vorschlägen Beaumé's über die Auffindung fester Puncte für die Aräometerscale wurden auch andere bekannt gemacht, namentlich von Poncelet, Pouget und Bories auf Veranlassung der von den Ständen in Languedoc 1771 und 1773 hierüber aufgegebenen Preisfragen; allein sie sind nie eigentlich in Ausführung gebracht. Letzteres war auch der Fall mit einer von Le Raz de Lanthenée vorgeschlagenen Scale[2]. Man sollte nach ihm das Aräometer von 1000 Gr. Gewicht in Wasser eintauchen, und den Punct des Einsinkens mit 0 bezeichnen; dann 40 Gr. zulegen, und den Punct, bis auf welchen es dann einsinken würde, mit 40, den Raum dazwischen dann in 40 gleiche Theile theilen, überhaupt aber, wenn das ganze Instrument weniger wöge, weniger Grane zulegen, und die erhaltenen festen Puncte in so viele Grade theilen, als Grane zugelegt wären. So brauchbar übrigens die hier angegebene, wahrscheinlich von Musschenbroek entlehnte Methode ist, so sind doch die Ansichten des Erfinders von der vorgeschlagenen Scale unrichtig. Indem sich nämlich die Dichtigkeiten zweier Flüssigkeiten, in welcher die Scale bis 0 und 40 einsinken würde, wie 1040 : 1000 verhalten würden, so ist die leichtere um $\frac{40}{1040}$ oder $\frac{1}{26}$ leichter, und wenn man eine Spindel von geringerem Gewichte verfertigte, so müſste die Zulage auch geringer seyn, aber in einem glei-

1 S. von Bohnenberger a. a. O.

2 S. Brisson in Dict. de phys. art. Aréom.

chen Verhältnisse. Wöge sie also 800 Gr., so müfsten $40 \cdot \frac{800}{1000} = 32$ Gr. zugelegt, der Raum zwischen den festen Puncten aber dennoch der Uebereinstimmung wegen in 40 Theile getheilt werden, nicht aber, wie der Erfinder meint, in so viele, als Grane zugelegt sind[1]. Ist übrigens das Gewicht des Werkzeuges $= p$; die Zahl der eingetauchten Grade $= n$; so ist das spec. Gew. des Wassers zu dem der leichteren Flüssigkeit $= p + n : p$. Ein ähnliches Princip befolgte Cassois[2] bei seinem Vorschlage, die Scalen zu theilen. Hiernach soll das Wasser als Einheit genommen, und der Punct, bis welchen das Aräometer einsinkt, mit 0 bezeichnet werden. Dann giebt man so viel Weingeist hinzu, bis eine in einem Glase gewogene gleiche Quantität $\frac{1}{10}$ weniger wiegt, bezeichnet den Punct, auf welchen das Aräometer dann einsinkt, mit 10, und theilt den Raum in 10 Theile. Für schwerere Flüssigkeiten wird Kochsalz zugesetzt, um $\frac{1}{10}$ mehr Gewicht zu erhalten, und so werden nach diesen festen Puncten die Scalen getheilt, und die spec. Gew. berechnet.

Eine leichtere Methode, die Aräometer, von ihm *Hydrometer* genannt, zu graduiren schlägt Büsch vor[3]. Man verfertige das Instrument so, dafs es in reinem Wasser bis an einen gewissen Punct einsinkt, und wiege es dann in freier Luft. Es wiege so gewogen 340 Gr. durch ein schon im Wasser hängendes und also mitgewogenes Gewicht werde dasselbe dann tiefer bis B herabgezogen, und verliere hierbei 370 Gr., so ist der eingesenkte Theil $= \frac{30}{370}$ des Ganzen. Die Länge des hierbei eingesenkten Theiles mufs dann in dem hierdurch gefundenen Verhältnisse getheilt werden. Sollen z. B. die einzelnen Grade Hunderttheile des Ganzen angeben, so hat man die Proportion $370 : 30 = 100 : x$. Ist also die Länge des eingetauchten Theils $= a$, hier $= 8{,}108 \ldots$, so wird 1 Grad der hunderttheiligen Scale $= a \cdot 0{,}08108 \ldots$, welche Gröfse für jeden einzelnen Grad

1 Vergl. Le Roy in Mém. de l'Ac. 1770. 526.

2 J. de Ph. XV. 228. Lichtenb. Mag. I. 1. 92.

3 S. Versuch einer Mathematik zum Nutzen und Vergnügen des bürgerlichen Lebens. Hamb. 1791. II. 47.

nach einem hinlänglich fein getheilten Maßsstabe aufgetragen werden muſs.

Daſs man bei diesen früheren fehlerhaften Eintheilungsarten fortwährend blieb, ist in der That befremdend, da schon 1788 VALLET[1] die Unrichtigkeiten der gewöhnlichen Aräometer, namentlich des Baumé'schen und Cartierschen nachwies, und zugleich zeigte, daſs die Grade eines Aräometers nicht in einer arithmetischen Reihe zunehmen können, weil die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten eine geometrische Reihe bilden. Eine geometrische Construction der Scalen, wonach er seine Aräometer graduirte, scheint unbeachtet geblieben zu seyn.

BENTELEY's Aräometer, verfertigt von BECK in Bern, welches, als gleichfalls sehr bekannt, der Vollständigkeit wegen hier genannt werden möge, soll so construirt werden, daſs der Dichtigkeitspunct des Wassers mit 0 bezeichnet wird, ein anderer Fundamentalpunct aber, welcher einem spec. Gew. = 0,850 entspricht, (wonach die Differenz also 0,15 beträgt,) 30 Grade über diesem liegt, wozu noch 10 gleiche Grade bis an das Ende der Röhre, also im Ganzen 40 Grade über 0 kommen; unter 0 aber erhält die Scale 80 den vorigen gleiche Grade[2]. In der wirklichen Ausführung wird die Scale in zwei Theile getheilt, indem die eine die Grade für leichtere Flüssigkeiten von 0 bis 40 aufwärts, die andere für schwerere von 0 bis 80 abwärts erhält. Der Vorzug vor dem Beaumé'schen besteht in einer bestimmten Angabe der spec. Gew. durch die, ohnehin weiter abstehenden festen Puncte, weswegen auch für diese Scalen sogleich Tabellen über die den Graden entsprechenden spec. Gew. hinzugefügt waren.

J. B. RICHTER gründete die Construction seiner Aräometer auf den Grundsatz, daſs gleiche Grade zwischen zwei für genau bestimmte spec. Gew. gefundenen Puncten die Dichtigkeiten unmittelbar angäben[3]. Hiernach verfertigte

---

1 J. de Ph. XXXIII. 241.

2 Trommsdorffs Journ. d. Pharm. VIII. 177. und IX. 17.

3 J. B. Richter über die neueren Gegenstände der Chemie. Breslau 1795. N. V. S. 51.

er seine *Alkoholometer*, deren Scalen nach der im Verlaufe der Untersuchung genauer gefundenen Reinheit des Alkohols verschieden waren. Den Punct, bis auf welchen sie in reinem Wasser einsanken, bezeichnete er mit 0, nahm dann zur Bestimmung des zweiten Normalpunctes Alkohol, zuerst von 0,821 spec. Gew. [1] und theilte den Raum in 100 Grade; dann bestimmte er die letzteren nach Lowitzens Tabelle über die spec. Gew. geistiger Flüssigkeiten [2] den Alkohol = 0,791 bei 16° R. angenommen, nach welcher Norm auch von verschiedenen andern Künstlern Aräometer verfertigt sind [3], endlich nach seinen eigenen stöchiometrischen Bestimmungen, den aboslutcn Alkohol = 0,792 gesetzt [4]. Richters *allgemeines Aräometer* sollte im Allgemeinen das spec. Gew. von 0,700 bis 2,00 angeben, und er suchte diese ganze Scale entweder auf ein einziges Instrument zu bringen, oder er vertheilte sie auf drei von 0,7 bis 1,0 von 1,0 bis 1,5 und von 1,5 bis 2,0. Auch die Form änderte er ab, indem er zuerst statt der gewöhnlichen Kugel der Aräometer einen Cylinder zur Erhaltung eines gröfseren Volumens wählte, (Fig. 64.) nachher aber das ganze Instrument als einen blofsen Cylinder mit Schrot oder Quecksilber beschwert, construirte, (Fig. 65.) um dasselbe auch bei kleineren Mengen der zu prüfenden Flüssigkeiten anwenden zu können. In wie fern aber dieses Verfahren, eben wie das durch Büsch vorgeschlagene, fehlerhaft sey, lehrt die folgende Untersuchung.

Die Versuche Richters veranlafsten nämlich G. G. Schmidt in Giefsen zu einer gründlichen und umfassenden Prüfung der Form zweckmäfsig verfertigter Aräometer und einer richtigen Eintheilung ihrer Scalen [5]. Indem das Werkzeug aufrecht schwimmen und zugleich sich in der Flüssigkeit leicht bewegen soll, so mufs ein gewisses Verhältnifs zwischen der Gröfse seines Gefäfses und der Länge nebst Dicke

1 Richter's Anfangsgründe der Stöchiometrie. 1793. III. 280.

2 v. Crell's Annal. 1797. St. III. p. 203.

3 Meisner Aräometrie. p. 130.

4 Richter über die neueren Gegenstände d. Chemie St. VIII. p. 80. Vergl. N. Schr. d. Berl. Ges. Nat. Fr. III. 329. Giornale della società d'incoraggiomento delle scienze e de le arti. Milano 1808. No. III. p. 229.

5 Gren's N. J. d. Phys. III. 117.

der Röhre statt finden, wobei die Grade so viel gröfser werden, je dünner die letztere ist, vorausgesetzt, dafs sich dann noch eine Scale in dieselbe schieben läfst, und zugleich die erforderliche Stärke und der Schwerpunct des Ganzen berücksichtigt wird [1]. Letzterer mufs nämlich selbst dann, wenn das Werkzeug am wenigsten eingetaucht ist, tiefer liegen, als der Mittelpunct des eingetauchten Theils, weil es sonst umschlagen würde. Die Länge des Stieles, oder der Röhre darf daher ein gewisses *maximum* nicht überschreiten. Zur leichteren Uebersicht setze man dieses = 9 Z. wenn der Raum des Gefäfses 0,5 Cub. Z. genommen wird. Soll dann die Scale die Dichtigkeiten von 1 bis 1,5 angeben, so mufs der Inhalt der Röhre zum Inhalte des Gefäfses = 1:2 seyn, mithin hier 0,25 Cub. Z. welches für den Querschnitt einer 9 Z. langen Röhre 4 Quadratlinien giebt. Gläserne Werkzeuge lassen sich nicht nach genauen Dimensionen verfertigen, und es ist daher am befsten, die Theile in gehöriger Proportion nach dem Augenmafse zusammenzusetzen, die Röhre etwas länger zu lassen, als sie bleiben soll, und so viel Quecksilber hineinzugiefsen, dafs das Instrument bei der gewählten Normaltemperatur in reinem Wasser bis an den Anfang der Röhre einsinkt. Alsdann wiege man das ganze Instrument, vermehre das Gewicht desselben um eine der Ausdehnung der Scale proportionale Menge (in dem gegebenen Beispiele im Verhältnifs von 1: 1,5), tauche es abermals ein, und bezwecke den Punct des Einsinkens, so sind Länge der Scale und ihre Endpuncte bestimmt, und es kommt dann nur darauf an, diese zu theilen, wozu unter den angegebenen Methoden blofs die Brissonsche als richtig angewandt werden kann. Weit leichter und sicherer aber ist folgende *allgemeine Vorschrift*. Man verwandele den Raum des Aräometers nach dem bekannten Verhältnisse des Gefäfses zur Röhre (im gegebenen Beispiele 2:1) in eine Röhre von der Weite des Halses, und trage die Länge derselben auf eine gerade Linie von A nach B, die Länge der Scale allein aber von A bis D. Auf die Enden der Linie fälle man die Perpendikel CE, GF,

Fig. 66.

1 Vergl. eine weitere Untersuchung dieses Gegenstandes unten.

trage von B nach C so viele gleiche Theile auf, als worin man die Aräometerscale theilen will, z. B. 100 oder 1000, und von B nach E so viele von diesen Theilen, als die Scale enthalten soll, (das gewählte Beispiel fordert 50, die Figur enthält 100, wovon allezeit die fünfte wirklich gezogen ist), ziehe durch die Theilungspuncte Parallelen mit AB, fange mit 0 bei C an, und schreibe die Theile, wie die Figur zeigt, ziehe die geraden Linien von C bis A u. s. w. bis F; so geben die Durchschnittspuncte der Linie AB die Grade der Scale nach den spec. Gew. Denn wenn das Aräometer in reinem Wasser bis A, in einer schwereren Flüssigkeit bis 1,10 einsinkt, so verhalten sich ihre spec. Gew. wie B 1,10 zu BA, welches nach der Construction dem Verhältnisse CB : C 1,10 = 1,00 : 1,10 gleich ist. Man kann die Construction jenseits der Puncte A und D nach Belieben fortsetzen, wie denn die Figur die Grade von 0,7 bis 2,0, also für alle Flüssigkeiten von der Naphtha bis zur Schwefelsäure enthält.

Die Construction läfst sich auf folgende Weise allgemein machen. Man trage die auf der Linie KB gefundenen Theile auf die ihnen zugehörigen Parallelen, ziehe durch die erhaltenen Puncte eine Curve LM, so ist dieses die *aräometrische Scalenlinie*, wobei die auf CE getragenen Theile die Abscissen, die Längen der Parallelen die Ordinaten sind, indem jene die spec. Gew., diese die eingetauchten Volumina des Aräometers ausdrücken. Nennt man CB, die Dichtigkeit des Wassers, $= a$, den im Wasser eingetauchten Theil $AB = b$, die veränderliche Abscisse x, die Ordinate y; so ist $x : a = b : y$ also $y = \frac{ab}{x}$. Da der Zuwachs der Ordinaten die Aräometergrade ausdrückt, so nenne man diesen Δy, den ihm zugehörigen Zuwachs der Abscisse Δx, so ist, weil das einsinkende Volumen des Aräometers dem spec. Gew. der Flüssigkeit umgekehrt proportional ist; $y : y - \Delta y = x + \Delta x : x$, woraus $\Delta y = \frac{y \Delta x}{x + \Delta x}$, und für y seinen Werth $\frac{ab}{x}$ gesetzt, $\Delta y = \frac{ab \Delta x}{x(x + \Delta x)}$

wird. Für verschwindende Differenzen wird hieraus $dy = \frac{abd\,x}{x^2}$.

Nach diesen Formeln lassen sich auch ohne die vorher angegebene lineare Construction Aräometerscalen theilen. Will man z. B. von 1,00 bis 0,80 die Scale in 1000 Theilen angeben, so muſs man Am so groſs entwerfen, daſs man Tausendtheile der Linie AB darauf messen kann. Aus der Gleichung für Δy, welche nun $= \frac{\Delta x}{1 + \Delta x}$ wird, sind dann die Werthe von Δy zu berechnen, indem man Δx nach einander $= 0{,}001$; $0{,}002$ . . . . nimmt. Dann werden nach einem tausendtheiligen Maſsstabe 200 Theile von A nach m aufgetragen, auf die einzelnen Puncte Perpendikel gefället, und auf diesen die gefundenen Werthe von Δy gemessen; so geben die Puncte den gesuchten Theil der aräometrischen Linie An, oder, welches einerlei ist, die Längen der Perpendikel die Grade der Scale. Hierbei genügt es, wenn man die Grade der Scale von 10 zu 10 durch Construction, die übrigen aber durch Interpolation bildet.

Für die wirkliche Ausführung ist noch Folgendes zu berücksichtigen. Die Figur zeigt die Ausdehnung einer Aräometerscale, welche die spec. Gew. von 0,7 bis 2,0 zu messen bestimmt ist. Vorausgesetzt daſs B A = B C = 1,00 ist, wird aus der Gleichung für Δy, AK = 0,291, AH = 0,500, also der ganze Raum der Scale = 0,791, welches zum Raume der Gefäſse H B = 0,500 ohngefähr das Verhältniſs von 3 : 2 giebt, und das Aräometer müſste umschlagen, wenn man dasselbe nicht vergröſserte und durch Zugieſsen von Quecksilber in den unteren Raum den Schwerpunct nicht tiefer herabbrächte. Auſser der hieraus entstehenden Unbehülflichkeit würden noch die Grade an den äuſsersten Enden sehr ungleich werden, denn wenn man $x = 0{,}7$ und dann $= 2{,}0$ nimmt, und dy nach der Formel hierfür sucht, so ist

für Ersteres $dy = \frac{0{,}001}{0{,}700^2} = 0{,}002041$

für Letzteres $dy = \frac{0{,}001}{2{,}000^2} = 0{,}00025$

wonach die obersten Grade beinahe zehnmal gröſser sind,

als die untersten. Wäre die Länge der Scale = 3 Z. so wäre der Raum des Gefäßses, als verlängerte Röhre gedacht, oder DB = 6 Z. also AB = 9 Z. = 0,75 F. und hiernach findet man die wirkliche Gröfse der Grade = dyx 0,75 F. nach den beiden vorstehenden Werthen von dy = 0,00153075 und 0,0001875 F. welche letztere Gröfse, selbst wenn man ihr Zehnfaches nehmen, oder die Scale nur in 100 Grade theilen wollte, unmefsbar ist. Wollte man drei Aräometer, jedes mit einer Scale von 3 Z. Länge verfertigen, wovon das erste von 2,0 bis 1,5; das zweite von 1,5 bis 1; das dritte von 1,0 bis 0,7 die spec. Gew. in Hunderttheilen der ganzen Scale mäfsen; so gäbe dieses die Verhältnisse des Raumes der Gefäfse zum Raume der Scalen:

für das erste 0,5 : 1,5 = 1 : 3
für das zweite 0,5 : 1,0 = 1 : 2
für das dritte 0,3 : 0,7 = 3 : 7

und hiernach die Länge AB bei dem *ersten* = 1 F. die beiden äufsersten Grade aber 0,0025 und 0,0044 F.; bei dem zweiten = 0,75, die äufsersten Grade aber 0,00323 und 0,0075; bei dem dritten aber 0,833.... und die äufsersten Grade 0,00833 und 0,017 F. Indem nun der kleinste dieser Grade $\frac{1}{4}$ und der gröfste noch nicht 2 Decimallinien beträgt, die erste Gröfse aber füglich als das Minimum für eine genaue Messung anzusehen ist, so ergiebt sich, dafs man 30 Aräometer haben müfste, jedes mit einer Scale von 3 Z. Länge, wenn man bis Tausendtheile das spec. Gew. genau messen wollte.

Zum praktischen Gebrauche, namentlich auch für Versteuerung und zur polizeilichen Bestimmung, verlangt man häufig, dafs die Aräometerscalen die Procente einer Substanz angeben sollen, welche in einer Mischung enthalten sind, z. B. des Alkohols im Branntwein, des Salzes in der Sole u. s. w. Indem aber die Dichtigkeiten der Mischungen nicht nach einem allgemeinen Gesetze wachsen, so mufs zuvor das Verhältnifs des spec. Gew. zu den Bestandtheilen einer Mischung bekannt seyn[1]. Indem nun die Aräometerscalen für jedes beliebige spec. Gew. zwischen zwei gegebe-

---

1 S. *Gewicht*, *specif.*

nen Puncten graduirt werden können, so darf man nur diejenigen suchen, welche gegebenen Procenten zugehören, diese auf die Scale zeichnen, und die Procente daneben schreiben. Ist z. B. das spec. Gew. des Wassers bei einer bestimmten Temperatur = 1, einer Mischung von Wasser und 0,05 Alkohol = 0,9919, für 0,1 Alkohol = 0,9857, für 0,15 Alkohol = 0,9802 u. s. w., so bestimmt man auf der Aräometerscale die Grade 1; 0,9919; 0,9857; 0,9802... und schreibt daneben 0; 5; 10; 15. . . um durch diese Zahlen die Procente auszudrücken. Sind auf diese Weise die Procente des Alkohols im Branntwein gefunden, so ist es leicht, hiernach die aliquoten Theile des Inhalts, z. B. die Maſse in einem Ohm, oder die Quartiere in einem Anker u. s. w. zu berechnen und auf der Scale anzugeben. Endlich ist es auch nicht schwierig, nach einer einmal berechneten Eintheilung einer Aräometerscale eine jede andere von gegebener Länge zu theilen. Zu diesem Ende trage man die nach der oben gegebenen Anweisung richtig getheilte Scale AH ganz oder zum Theil auf Papier, Fig. 67. beschreibe über dieser Grundlinie AB ein gleichschenkeliges Dreieck, ziehe aus dem Puncte C durch die Theilungspuncte Linien von willkührlicher Länge, und eine beliebige Menge Parallellinien mit AB. Sind alsdann die Endpuncte eines Aräometers durch Einsenken in Wasser und eine andere Flüssigkeit von bekanntem spec. Gew. gefunden, so trage man diese auf die für dasselbe bestimmte Scale, lege letztere auf diejenige Parallellinie, deren Enden mit den beiden festen Puncten zusammenfallen, und trage nach den diese schneidenden Linien die einzelnen Grade auf.

Diese eben so umfassende, als gehaltvolle Untersuchung ist nicht einmal in Deutschland überall hinlänglich bekannt und praktisch angewandt worden, viel weniger in Frankreich, indem man in beiden Ländern vorzugsweise das Baumé'sche Aräometer zu gebrauchen fortfuhr. Mit Recht sagte daher Barré d'Orléans[1], die Aräometrie sey noch in der Kindheit, wenn man die gebräuchlichen Werkzeuge (hauptsächlich von Baumé und Cartier) als die einzige Frucht

1 J. de Ph. LVII. 433.

der angewandten Bemühungen betrachte. Er erläutert dann zuerst die Grundsätze, wonach die Aräometerscalen getheilt werden müssen, und zeigt eine Methode, dieses auszuführen. Indem aber beides minder präcis und praktisch anwendbar ist, so mag es genügen, die von ihm angegebene Scale neben der von Baumé und Cartier aus der Ansicht der Zeichnung kennen zu lernen. Uebrigens gesteht auch Barré d'Orleans, dafs eine Eintheilung der Aräometerscalen in solche Grade, wonach man die spec. Gewichte bis auf Tausendtheile bestimmen könnte, unter die Unmöglichkeiten gehört. Die vom Mechanicus Lanier[1] später bekannt gemachten allgemeinen *Hydrometer* sind nach dieser Vorschrift verfertigt.

Fig. 68.

Sollten künftig richtige Aräometer allgemein eingeführt werden, so wird man sich mit Recht wundern, dafs auch diese auf wahre Principien gegründete und nicht eben schwierige Anweisung zur Construction derselben, die offenbar falschen Instrumente zu verdrängen nicht vermochte, vielmehr kaum beachtet wurde. Delezennes[2] fordert daher noch neuerdings abermals die Gelehrten auf, sich zur Construction richtiger Aräometer zu vereinigen, und die öffentlichen Behörden, diese bei der Erhebung der Steuern und im Handel in Anwendung zu bringen. Obgleich die Untersuchung von Schmidt alles enthält, was man in dieser Hinsicht für Theorie und Praxis zu wissen nöthig hat, so findet sich doch Einiges in Delezennes gründlicher Abhandlung, was theils die Uebersicht des Ganzen erleichtert, theils die Genauigkeit, Fehlergrenze und den Umfang der Aräometer dieser Art anschaulich macht, weswegen bei einem so wichtigen und allgemein gebräuchlichen Instrumente die Hauptsache hier erörtert werden möge, indem ohnehin manche vielleicht lieber nach dieser letzteren Methode rechnen und construiren wollen.

Ein für alle Flüssigkeiten anwendbares Aräometer müfste eigentlich die schwersten und leichtesten messen, und daher die Differenzen des spec. Gew. von 0,7 bis 2 umfassen.

1 J. de Ph. LXXV. 189.
2 J. de Ph. XCIV. 204.

Der Unterschied beider ist 1,3; hiervon der hundertste Theil 0,013, der Unterschied also 0,003, und die Scale muſs demnach zum mindesten in 400 Grade getheilt werden, wovon der kleinste nicht gut weniger als $1^{mm} = (0,4433$ L.) die ganze Länge der Röhre also $40^{cm} = (3,7065$ Z.) und der Durchmesser $5^{mm} = (2,2165$ L.) halten kann. Ist hiernach also das absolute Gew. des Aräom. BG = P; die Dichtigkeit der Flüssigkeit beim Einsinken desselben bis C, E, F = D, δ, d; die Zahl der Grade von F bis C, von F bis E, von E bis C = m, n, n′; der Radius der Röhre r; das Volumen von B bis CD = ν;

Fig. 69.

so ist — — $\nu D = P$;

$$\nu\delta + \pi r^2 n' \delta = P;$$

$$\nu d + \pi r^2 n' d + \pi r^2 n d = P.$$

Indem nun $n + n' = m$; so ist $\nu = \pi r^2 m \frac{d}{D-d}$;

$$\delta = \frac{mDd}{n'D + nd}; \quad n' = \frac{(D-\delta)d}{(D-d)\delta} m.$$

Setzt man $m = 40^{cm}$ D = 2; d = 0,7; r = 0,25; so wird

$\nu = 4,229$ Cub. Centim.

$\nu D = P = 8,458$ Gram.

$\pi r^2 m = 7,854$ Cub. Centim.

$\nu + \pi r^2 m = 12,083$ Cub. Centim.

Indem also die Röhre von der angegebenen Länge oder von 7,854 Cub. Cent. Inhalt 8,458 Gramme wiegt, das ganze Aräometer aber 12,083 Cub. Cent. Inhalt hat, und auf allen Fall über 8,46 Gramme wiegt, so wird dieses auch in einer Flüssigkeit vom spec. Gew. = 2 sich nicht bei DC halten können, sondern umschlagen, und wenn es zu stark beschwert wird, über den Punct DC einsinken. Ein allgemeines Aräometer ist daher unmöglich. Es ergiebt sich aber bald, daſs man vier Scalen haben müſste, wovon eine jede 100 Grade enthielte. Nimmt man die beiden äuſsersten Dichtigkeiten = 0,7 und 2, und sucht hieraus denjenigen Grad, welcher der Dichtigkeit des Wassers = 1 zugehört, so findet man aus $n' = \frac{(D-\delta)d}{(D-d)\delta} = 215^{\circ},384$ als denjenigen Grad des in 400° getheilten allgemeinen Aräometers, wel-

cher der Dichtigkeit des Wassers zugehört. Will man aber die Dichtigkeit des Wassers an das Ende der einen Scale bringen, und sucht deswegen das Verhältnifs zwischen d und D, indem die 400 Grade der Universalscale auch andere Werthe als 0,7 und 2 umfassen können, so findet man $\frac{200}{400} = \frac{(D-1)d}{(D-d),1}$; oder $D + d = 2\,Dd$. Behält man dann den Werth von $D = 2$ bei, so wird $d = \frac{2}{3} = 0{,}6666\ldots$ welches nicht weit von 0,7 abweicht. Dieses gäbe also für die den Graden 0, 100, 200, 300, 400 der Scalen zugehörigen Dichtigkeiten die Werthe $\frac{2}{3}$, $\frac{4}{5}$; 1; $\frac{4}{3}$; 2. Die erste Scale gäbe also die Dichtigkeiten von 0,6666.... bis $\frac{4}{5} = 0{,}8$, welche von der Dichtigkeit $= 0{,}81118562$ des absoluten Alkohols [1] nach Versuchen von Delezennes wenig abweicht, die zweite ginge bis zur Dichtigkeit des Wassers, die dritte bis 1,3333... und wäre zum Messen der Salzlösungen, der vegetabilischen und *animalischen* Säuren brauchbar, die vierte aber umfafste die Dichtigkeiten von 1,333... bis 2, und diente für concentrirte mineralische Säuren. Das Verhältnifs der Scalenlängen, oder $v : \pi r^2 m$ wäre hiernach 5; 4; 3; 2 und die Dichtigkeiten müfsten nach der allgemeinen Formel $\delta = \frac{400}{600 - n} = \frac{400}{200 + n'}$ für die Werthe von n und n' berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt werden, welche sich in der Abhandlung vollständig findet.

Hiernach müfste man indefs allezeit diese Tabelle gebrauchen, wenn man aus den Graden des Aräometers das spec. Gew. einer Flüssigkeit bestimmen wollte, eine Weitläuftigkeit, welche die hiernach construirten Instrumente minder brauchbar macht, als die nach der von Schmidt angegebenen Methode. Es würde daher überflüssig seyn, den Calcul hier aufzunehmen, wodurch Delezennes zeigt, dafs der statische Einflufs der Luft nicht in Betrachtung kommt, wenn man das spec. Gew. der Flüssigkeiten bis

1 Lowitz fand das spec. Gew. $= 0{,}7939$ bei $15{,}^{\circ}5$ C. Da die Ausdehnung des absoluten Alkohols 0,000846 seines Volumens für 1° C. beträgt; (S. *Ausdehnung*) so würde sein spec. Gewicht bei $0^{\circ} = 0{,}80451$ seyn, welches der angegebenen Gröfse ziemlich nahe kommt.

auf 0,001 genau bestimmen will. Auch die mitgetheilte Anweisung zur Verfertigung solcher Werkzeuge ist für gewöhnliche Künstler zu schwierig, beruhet übrigens auf bekannten Principien.

Eine ausführliche Untersuchung über die Construction der Aräometer, welche die Menge des Alkohol's in 100 Mafs einer gemischten Flüssigkeit angeben, also der eigentlichen *Alkoholometer* hat Tralles in nächster Beziehung auf die zu entrichtenden Abgaben geliefert. Zuerst nahm er zu diesem Behufe das spec. Gew. des reinen Alkohol's bei 60° F. oder $12\frac{4}{9}$ R. = 15,555.... C. = 0,8 an[1], nachher aber = 0,7939, weil er von diesem Gewichte rein durch Lowitz, Richter, Chaussier, Rose u. a. dargestellt war, des Wassers aber = 0,9991[2]. Zur Bestimmung des spec. Gew. des absoluten Alkohol's und der Mischungen desselben mit Wasser zu 1 bis 100 Pc. wurden neue Versuche mit solchem angestellt, welchen Rose für diesen Zweck besonders rectificirt hatte, die Resultate mit den bekannten Londonern, durch Gilpin erhaltenen, verglichen[3], und diese nebst den zugehörigen Procenten des Alkoholgehaltes in Tabellen gebracht. Hiermit verbindet Tralles Tabellen über die Ausdehnung sowohl der Flüssigkeiten als auch des Körpers des Alkoholometers durch die Wärme, und zeigt ausführlich, wie man diese zur Bestimmung der Mengen des absoluten Alkohols in einer gegebenen Mischung benutzen kann. Um hiernächst Alkoholometer vorzüglich für den Gebrauch des Handels und der Accise zu verfertigen, dient folgende Tabelle, deren erste Columne den Alkoholgehalt in Hunderttheilen des Mafses des Ganzen, die zweite die Länge enthält, welche von der Scale in die Mischung einsinkt.

---

1 Hermbstädt's Bülletin des Neuesten und Wissensw. in Chemie und Physik. IV. 285.

2 Ausführlich finden sich diese Untersuchungen in G. XXXVIII. 349—431. Nach der unter dem Art. *Ausdehnung* befindlichen Tabelle ist die Dichtigkeit des Wassers bei 15,5 C. = 0,99923, den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4,°4 = 1 gesetzt.

3 Phil. Trans. LXXXIV. 275.

PC.	L.	PC.	L.	PC.	L.	PC.	L.
0	0	26	321	51	735	76	1443
1	24	27	332	52	758	77	1478
2	39	28	344	53	782	78	1514
3	54	29	355	54	806	79	1550
4	68	30	367	55	830	80	1587
5	82	31	380	56	854	81	1624
6	95	32	393	57	879	82	1662
7	108	33	407	58	905	83	1701
8	121	34	420	59	931	84	1740
9	133	35	434	60	957	85	1781
10	145	36	449	61	984	86	1823
11	157	37	465	62	1011	87	1866
12	169	38	481	63	1039	88	1910
13	180	39	498	64	1067	89	1955
14	191	40	515	65	1096	90	2002
15	202	41	533	66	1125	91	2050
16	213	42	551	67	1154	92	2099
17	224	43	569	68	1184	93	2150
18	235	44	588	69	1215	94	2203
19	245	45	608	70	1246	95	2259
20	256	46	628	71	1278	96	2318
21	266	47	648	72	1310	97	2380
22	277	48	669	73	1342	98	2447
23	288	49	690	74	1375	99	2519
24	299	50	712	75	1409	100	2597
25	310						

Das schon fertige Aräometer wird dann bei 12 $\frac{4}{9}$° R. in reines Wasser *getaucht*, und der Punct, bis auf welchen es einsinkt, bezeichnet, *dann* in eine Mischung von Alkohol und Wasser, deren *spec.* Gew. genau ausgemittelt ist, bei gleicher Temperatur, und auch der Punct, bis auf welchen es dann einsinkt, bezeichnet. Das spec. Gew. der Mischung giebt nach einer *Tabelle*[1] die Procente des Alkohols an, und somit die vorstehende Tabelle die Menge der Theile, worin die Länge der *Scale* zwischen den beiden auf die angegebene

---

1 Solche finden sich unter dem Art. *Gewicht. spec.*

Weise erhaltenen Puncten getheilt werden mufs. Wäre z. B. das spec. Gew. der Mischung bei der angegebenen Temperatur = 0,8817 die des Wassers bei der nämlichen Temperatur = 0,9991 gesetzt, so gehört diesem ein Alkoholgehalt von 73 Mafs in Hunderten der Mischung zu. Die vorstehende Tabelle giebt

Für 73 Mafs	—	—	1342
Für 0 —	—	—	9
Länge des Zwischenraums			1333 Theile,

wonach dann die ganze Scale getheilt werden kann, vorausgesetzt, dafs die Röhre vollkommen cylindrisch ist; denn im entgegengesetzten Falle müfsten mehrere Puncte bestimmt, und auf diese Weise die Scale durch Näherung möglichst richtig getheilt werden. Beim Gebrauche eines solchen Alkoholometers ist unumgänglich erforderlich, dafs die Flüssigkeit genau die Temperatur von $12\frac{4}{9}$ ° R. habe, welche man indefs im Sommer durch Hinsetzen in frisches Wasser tiefer Brunnen, oder in hinlänglich tiefe Keller, im Winter aber in geheizten Zimmern erhalten kann, und es scheint daher überflüssig, auch diejenigen Tabellen, worin Tralles[1] die für andre Temperaturen erforderlichen Correctionen berechnet hat, hier hinzuzufügen.

Neuerdings ist die Aräometrie ausfühlich bearbeitet durch Meissner[2]. Dieser findet die Schwierigkeiten, welche der Construction genau Aräometer entgegenstehen, hauptsächlich in der nicht völlig cylindrischen Form der Glasröhren (welche zwar allerdings nicht so leicht, aber doch bei sorgfältiger Auswahl für die erforderliche Länge der Scale von richtigem Caliber zu erhalten sind). Sind die zu Aräometern zu wählenden Röhren nicht cylindrisch, so soll der Fehler in der Scale corrigirt werden, wozu aber Meifsner keine specielle Anweisung mittheilt. Die statt der gebräuchlichen Beaumé'schen von ihm empfohlenen Aräometer sind der Form nach die Richterschen, die Scale aber soll nach Brisson's Methode getheilt werden, und von die-

1 a. a. O. 420 ff.

2 Die Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik von P. T. Meifsner. Wien 1816. fol.

ser Art empfiehlt er zuerst ein allgemeines Aräometer, welches in zwei Exemplaren die spec. Gew., eins von 0,7 bis 1,0; das andere von 1,0 bis 2,0 in Tausendtheilen[1] angeben soll; dann besondere Aräometer, welche die Procente einer Substanz in einer gemischten Flüssigkeit bestimmen. Letztere lassen sich, wie von selbst klar ist, leicht vervielfältigen; Meiſsner beschreibt indeſs bloſs einen *Schwefelsäure-Salpetersäure - Salzsäure - Ammoniak* und *Alkohol* - Messer, und giebt die zu ihrer Construction erforderlichen Tabellen, meistens nach eigenen Versuchen entworfen[2].

In England bediente man sich im Allgemeinen ähnlicher Aräometer, welche man den verschieden schweren Flüssigkeiten dadurch anzupassen suchte, daſs die Stiele mit ungleichen aufgesteckten Gewichten beschwert wurden, deren Zahl sich auf nicht weniger als 36 belief, aber nach Blagden's Vorschlage bis auf 10 vermindert wurden[3]. Es versteht sich übrigens nach dem Gesagten von selbst, daſs das spec. Gew. der Flüssigkeiten den Graden der Scale bloſs für *ein* Gewicht, aber nicht für *mehrere* proportional seyn kann, wenn man nicht für die verschiedenen Gewichte eigene Tabellen berechnet, und aus diesen die spec. Gew. nach den Graden, bis zu denen sie einsinken, findet.

Eins der ältesten dieser Art wurde von Dr. Clarke vorgeschlagen und für Spiritus von Kupfer verfertigt. Auf der Röhre befand sich ein Zeichen für probehaltigen Spiritus, auſserdem aber nur ein Strich über und einer unter demselben, wobei anderweitige Modificationen durch Auflegegewichte erhalten wurden[4]. Desaguliers[5] wollte die Werkzeuge dieser Art auf den höchsten Grad der Genauigkeit bringen, und gab ihnen daher einen hohlen Glascylinder von 3 Z. Durchmesser und eine Röhre von $\frac{1}{40}$ Z. Durchmesser in Zehntel eines Zolles getheilt, so daſs jeder dieser Theile

---

1 Die Unmöglichkeit hiervon ergiebt sich aus dem Obigen.

2 Hierüber, desgleichen über andere Vorschläge, als v. Arnim's *Mikroaräometer* u. a. weitläuftiger zu handeln würde zweckwidrig seyn.

3 Tralles bei G. XXXVIII. 410.

4 Phil. Trans. abr. VII. 392.

5 Course of Experimental Philosophy. 1734. 2. vol. 4. II. 231.

dem 40000sten Theile des Ganzen entsprechen sollte. Ein Vorschlag von de Luc [1] zur Verfertigung vergleichbarer Aräometer scheint überall nicht sehr beachtet zu seyn, und weicht im Wesentlichen nicht von dem allgemein Bekannten ab. Eben dieses ist der Fall mit einem Aräometer von Ramsden [2], welches derselbe zur Bestimmung der Accise von geistigen Getränken construirte. In der Hauptsache ist dasselbe den gemeinen Werkzeugen dieser Art gleich, und hat eine in gleiche Grade getheilte Scale, unterscheidet sich aber dadurch vortheilhaft, daſs sich in der, den Senker bildenden Glasröhre ein Thermometer zur Bestimmung der jedesmaligen Temperatur befindet, wie der Durchschnitt desselben zeigt. Die obere Röhre hat eine so getheilte Scale, daſs die 0 in der Mitte das spec. Gew. des Probespiritus bei 60° F. zeigt, und sich dann 50 Grade über und 50 Grade unter diesem Puncte befinden. Das Thermometer in der unteren weiten Röhre hat an der einen Seite die Scale nach F., an der andern eine von 60° F. an nach oben und unten getheilte Scale, welche die dem Stande des Thermometers zugehörigen Zehntheile anzeigt, die der oberen Aräometerscale zugesetzt oder von ihr abgezogen werden müssen. Fig. 70.

Das Gebräuchlichste, für die Erhebung der Accise eingeführte ist von Atkins [3], eigentlich ein Alkoholometer nach Maſsen in einer gegebenen Quantität, indem diese durch den Grad, bis auf welchen das Aräometer einsinkt, nach einer eigends hierfür verfertigten, verschiebbaren Tabelle angegeben werden. Das Aräometer selbst ist von Messing 8 Z. lang, mit einer elliptischen Kugel von 2 Z. Länge und 1,5 Z. Durchmesser, der Stiel viereckig, $\frac{1}{8}$ Z. breit, und zunächst nur für geistige Flüssigkeiten, leichter als Wasser, bestimmt. Das Instrument wiegt ohngefähr 400 Gr. hat 4 auf den Stiel zu schiebende Gewichte, welche 20, 40, 61 und 84 Gr. wiegen. Auf der einen Seite der Scale befinden sich die 26 Buchstaben des Alphabets und 0, auf der andern eine Fig. 71. Fig. 72.

1 Phil. Trans. LXVIII. 500.

2 An Account of Exper. cet. Journ. de Ph. XL. 432.

3 Eine Beschreibung desselben giebt Fletscher in Nicholson's Journ. 1802. Aug. und hieraus Lüdike bei G. XXXVIII. 432.

ser Art empfiehlt er zuerst ein allgemeines Aräometer, welches in zwei Exemplaren die spec. Gew., eins von 0,7 bis 1,0; das andere von 1,0 bis 2,0 in Tausendtheilen[1] angeben soll; dann besondere Aräometer, welche die Procente einer Substanz in einer gemischten Flüssigkeit bestimmen. Letztere lassen sich, wie von selbst klar ist, leicht vervielfältigen; Meiſsner beschreibt indeſs bloſs einen *Schwefelsäure- Salpetersäure - Salzsäure - Ammoniak-* und *Alkohol*-Messer, und giebt die zu ihrer Construction erforderlichen Tabellen, meistens nach eigenen Versuchen entworfen[2].

In England bediente man sich im Allgemeinen ähnlicher Aräometer, welche man den verschieden schweren Flüssigkeiten dadurch anzupassen suchte, daſs die Stiele mit ungleichen aufgesteckten Gewichten beschwert wurden, deren Zahl sich auf nicht weniger als 36 belief, aber nach Blagden's Vorschlage bis auf 10 vermindert wurden[3]. Es versteht sich übrigens nach dem Gesagten von selbst, daſs das spec. Gew. der Flüssigkeiten den Graden der Scale bloſs für *ein* Gewicht, aber nicht für *mehrere* proportional seyn kann, wenn man nicht für die verschiedenen Gewichte eigene Tabellen berechnet, und aus diesen die spec. Gew. nach den Graden, bis zu denen sie einsinken, findet.

Eins der ältesten dieser Art wurde von Dr. Clarke vorgeschlagen und für Spiritus von Kupfer verfertigt. Auf der Röhre befand sich ein Zeichen für probehaltigen Spiritus, auſserdem aber nur ein Strich über und einer unter demselben, wobei anderweitige Modificationen durch Auflegegewichte erhalten wurden[4]. Desaguliers[5] wollte die Werkzeuge dieser Art auf den höchsten Grad der Genauigkeit bringen, und gab ihnen daher einen hohlen Glascylinder von 3 Z. Durchmesser und eine Röhre von $\frac{1}{40}$ Z. Durchmesser in Zehntel eines Zolles getheilt, so daſs jeder dieser Theile

---

1 Die Unmöglichkeit hiervon ergiebt sich aus dem Obigen.

2 Hierüber, desgleichen über andere Vorschläge, als v. Arnim's *Mikroaräometer* u. a. weitläuftiger zu handeln würde zweckwidrig seyn.

3 Tralles bei G. XXXVIII. 410.

4 Phil. Trans. abr. VII. 392.

5 Course of Experimental Philosophy. 1734. 2. vol. 4. II. 234.

dem 40000sten Theile des Ganzen entsprechen sollte. Ein Vorschlag von de Luc [1] zur Verfertigung vergleichbarer Aräometer scheint überall nicht sehr beachtet zu seyn, und weicht im Wesentlichen nicht von dem allgemein Bekannten ab. Eben dieses ist der Fall mit einem Aräometer von Ramsden [2], welches derselbe zur Bestimmung der Accise von geistigen Getränken construirte. In der Hauptsache ist dasselbe den gemeinen Werkzeugen dieser Art gleich, und hat eine in gleiche Grade getheilte Scale, unterscheidet sich aber dadurch vortheilhaft, dafs sich in der, den Senker bildenden Glasröhre ein Thermometer zur Bestimmung der jedesmaligen Temperatur befindet, wie der Durchschnitt desselben zeigt. Die obere Röhre hat eine so getheilte Scale, dafs die 0 in der Mitte das spec. Gew. des Probespiritus bei 60° F. zeigt, und sich dann 50 Grade über und 50 Grade unter diesem Puncte befinden. Das Thermometer in der unteren weiten Röhre hat an der einen Seite die Scale nach F., an der andern eine von 60° F. an nach oben und unten getheilte Scale, welche die dem Stande des Thermometers zugehörigen Zehntheile anzeigt, die der oberen Aräometerscale zugesetzt oder von ihr abgezogen werden müssen.

Fig. 70.

Das Gebräuchlichste, für die Erhebung der Accise eingeführte ist von Atkins [3], eigentlich ein Alkoholometer nach Mafsen in einer gegebenen Quantität, indem diese durch den Grad, bis auf welchen das Aräometer einsinkt, nach einer eigends hierfür verfertigten, verschiebbaren Tabelle angegeben werden. Das Aräometer selbst ist von Messing 8 Z. lang, mit einer elliptischen Kugel von 2 Z. Länge und 1,5 Z. Durchmesser, der Stiel viereckig, $\frac{1}{8}$ Z. breit, und zunächst nur für geistige Flüssigkeiten, leichter als Wasser, bestimmt. Das Instrument wiegt ohngefähr 400 Gr. hat 4 auf den Stiel zu schiebende Gewichte, welche 20, 40, 61 und 84 Gr. wiegen. Auf der einen Seite der Scale befinden sich die 26 Buchstaben des Alphabets und 0, auf der andern eine

Fig. 71.

Fig. 72.

1 Phil. Trans. LXVIII. 500.

2 An Account of Exper. cet. Journ. de Ph. XL. 432.

3 Eine Beschreibung desselben giebt Fletscher in Nicholson's Journ. 1802. Aug. und hieraus Lüdike bei G. XXXVIII. 432.

Eintheilung in 55 Theile, deren Zahl durch die hinzukommenden 4 Gewichte bis 272 gebracht, und somit die Länge des Stieles verfünffacht wird. Unbeschwert zeigt es die spec. Gew. von 0,806 bis 0,843, mit dem Gewichte No. 1 von 0,843 bis 0,880, mit No. 2 von 0,880 bis 0,918, mit No. 3 von 0,918 bis 0,958 und mit No. 4 von 0,958 bis 1,000. Die einzelnen Striche der Theilung geben $\frac{1}{2}$ pCt. der Mischung, oder 2 Quart in 100 Gallonen an, wobei man sich der hierzu nach den Gilpinischen Versuchen entworfenen, und mit einer Correction für die Temperatur versehenen Tabellen bedient, indem das Werkzeug für 55° F. verfertigt ist. A. Ainger hat diese Tabellen in grofser Ausdehnung auf einen Mafsstab gebracht [1].

In Italien bedient man sich des gemeinen Aräometers, *Idrometro* genannt, welches eine hunderttheilige Scale hat, im Wasser bis 87 und im Weingeist bis 100 einsinkt. Indefs sind dort auch die englischen Alkoholometer mit Gewichten und die französischen bekannt [2]. Eine ausführliche Untersuchung, welche Bellani [3] über die Aräometer mit festen Scalen, vorzüglich das Baumé'sche und Cartier'sche anstellt, wobei er im Wesentlichen mit Richter übereinstimmt, enthält nichts wesentlich Neues, und bleibt hinter denen anderer Gelehrten zurück.

Aufser den schon genannten haben mehrere französische Gelehrte Vorschläge zur Construction der Aräometer und ihrer Verbesserung gethan, wovon etwa die folgende Beachtung verdient. Lavigne von Montpellier zeigte 1811 ein Alkoholometer, welches bei einer gewissen Temperatur vermittelst beigegebener Tabellen den Alkoholgehalt in Branntwein nach Procenten angiebt, und wofür ihm nach einer Prüfung desselben durch Vauquelin Chaptal und Berthollet

---

1 Repertory of Arts, Manufactures and Commerce. 1823. Dec. Wie allgemein dieses Werkzeug eingeführt ist, kann ich nicht bestimmen. J. Smith in Panorama of Science and Art cet. II. p. 88. erwähnt blofs das gemeine Alkoholometer.

2 Elementi di Fisica sperimentale di Giuseppe Saverio Poli. Venezia 1817. II. 193.

3 Bibl. univ. XXIV. p. 116 und 176.

eine Belohnung von 3000 Fr. bewilligt wurde [1]. Die Construction desselben ist nicht genauer angegeben.

Unter diese, nach der allgemeinen Formel D : d = v : V, construirten Aräometer muſs auch der Apparat gerechnet werden, welchen Musschenbroek [2] zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten in Vorschlag bringt. Diese einfache Vorrichtung besteht bloſs aus einem Heber mit einer Ansatzröhre, vermittelst deren die ungleichen Flüssigkeiten durch Saugen zu verschiedenen Höhen ansteigen werden, deren Maſs dann ihr spec. Gew. giebt. Scannegatty [3] giebt als Verbesserung an, man solle neun Röhren oben in einen gemeinschaftlichen messingenen Canal fassen, unten in Gefäſse mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt, eintauchen, dann die Luft in der oberen Röhre vermittelst einer Saugpumpe verdünnen, und durch den gleichen Luftdruck die ungleich schweren Flüssigkeiten zu einer ihrem spec. Gew. umgekehrt proportionalen Höhe heben, welche an einer seitwärts befindlichen Scale gemessen wird. So construirt nannte er das Werkzeug *Hygroklimax*. Zur Vermeidung der Erschütterung beim Exantliren vermittelst der Luftpumpe am oberen Theile des Apparats räth Lichtenberg [4] eine luftleere Kugel mit einem Hahn aufzuschrauben, und hiermit die erforderliche Verdünnung zu bewerkstelligen. Man sieht bald, daſs das Werkzeug für seinen Zweck viel zu sehr zusammengesetzt ist, und keineswegs hinlänglich genaue Bestimmungen gewährt.

Fig. 73.

Fig. 74.

Ganz kürzlich im Jahr 1819, kündigte C. A. Mester ein allen Forderungen völlig genauen Bestimmung der spec. Gew. entsprechendes Werkzeug, unter dem Namen *Panydrometer* an, welches bei seinem Erscheinen sich als eine Verbesserung des Musschenbroek'schen zeigte. Dasselbe besteht aus zwei Glasröhren, oben in eine messingne, durch Sau-

---

1 Archives des decouvertes et des inventions nouvelles cet. Par. 1812. p. 269.

2 Introd. ad phil. nat. II. §. 1395.

3 J. de Ph. XVII. 82. Goth. Mag. I. 45. Achard Vorlesungen über die Experimentalphysik. I. 164.

4 Goth. Mag. I. 47.

gen luftleer zu machende, und vermittelst zweier Hähne abzuschliefsende Vorrichtung gefafst. Nach der Oeffnung des untern Hahnes steigt durch den Luftdruck in die eine Röhre destillirtes Wasser, in die andere die zu prüfende Flüssigkeit, und der an feinen Scalen gemessene Unterschied giebt das spec. Gew. oder das Mischungsverhältnifs. Die unvermeidliche Feinheit der Scale, der Einflufs der Capillarität und die Elasticität der aus vielen Flüssigkeiten gebildeten Dämpfe machen neben andern, in der Natur der Sache liegenden, Mängeln das Werkzeug für genaue Versuche unbrauchbar [1].

Alle bisher beschriebenen Aräometer sind nach der Formel $D:d = v:V$ construirt. Die zweite, anfangs angegebene, Formel, nämlich $D:d = P:p$ liegt bei zwei anderen Arten von Aräometern zum Grunde, deren erstere: *Aräometer mit Gewichten*, und durch Guyton [2]: *Gravimeter* genannt sind. Sie haben keine feste Scale, sondern das spec. Gew. der Flüssigkeiten wird aus dem verschiedenen Gewichte eines einsinkenden Körpers von gleichem Volumen bestimmt. Ein Werkzeug dieser Art brachte schon Moncony, Arzt in Lyon († 1665) in Vorschlag [3], später Feuillée [4] und Leutmann [5]. Allein die von den beiden ersteren empfohlenen Aräometer, bei welchen die gewöhnliche Form und feste Scalen beibehalten, aber Ringe oder durchbohrte Bleche auf den Stiel gesteckt werden sollen, gleichen mehr den oben beschriebenen englischen, und dahin neigt sich auch der Vorschlag Leutmann's, die Gewichte in die offene Röhre des Aräometers zu werfen. Weit vorzüglicher dagegen ist die Einrichtung der durch Fahrenheit verfertigten Aräometer, indem dieser den dünnen und kurzen Stiel der damals gebräuchlichen mit einem Schälchen versah, auf welches die kleinen Gewichte gelegt werden konnten, um sie bis an einen gewissen Punct der dünnen Röhre einsinken

---

1 Archiv des Apothekervereins im nördlichen Teutschland. Bd. II. Hft. 2. p. 143.

2 Ann. de Chim. XXI. 7. Gren N. J. IV. 370.

3 Leupold Theat. stat. II. §. 28.

4 Ebendas. §. 29. Journ. des observat. de Phys. Par 1714. 4.

5 Com. Pet. V. 273.

zu machen[1]. Das Instrument wurde dann empirisch so verfertigt, dafs es nach dem Einlegen eines unbestimmten Gewichtes in das Schälchen B in reinem Wasser bis an das kleine Knöpfchen h einsank, das Ganze dann gewogen, und das gefundene Totalgewicht dem Wasser als Einheit gleich gesetzt. Durch eine leichte Rechnung wird dasselbe dann für leichtere und schwerere Flüssigkeiten, als das Wasser ist, anwendbar. Wiegt z. B. das Instrument 496 Gr. und sinkt im Regenwasser mit 32 Gr., in Salzwasser mit 64 Gr., in Branntwein mit 8 Gr. bis an das Knöpfchen ein, so ist das

Fig. 75.

Gewicht der Salzsole $= \frac{496 + 64}{496 + 32} = 1{,}060$, des Branntweins $= \frac{496 + 8}{496 + 32} = 0{,}9545\ldots$

G. G. Schmidt gab diesem Instrumente eine verbesserte Einrichtung, und liefs diese durch den geschickten Künstler Ciarcy ausführen[2], so dafs seit jener Zeit dasselbe unter dem Namen des Fahrenheitschen Aräometers, verbessert durch Schmidt und Ciarcy bekannt ist. In der ursprünglichen Gestalt nämlich gab das Werkzeug nicht alle spec. Gew. der Flüssigkeiten von der leichtesten bis zu den schwersten an, und erforderte eine Berechnung. Um beides zu vermeiden, wurden anfangs zwei zusammengehörige Exemplare verfertigt, wovon das eine 800 halbe Grane cöln. wog, und durch aufgelegte Gewichte bis 1200 halbe Grane gebracht werden konnte, das andere aber 1200 halbe Gr. und bis 2000 gebracht wurde. Besser verfertigt man sie so, dafs an den nämlichen birnförmigen Körper A zwei verschiedene gläserne, mit Quecksilber gefüllte Gefäfse a angehängt werden, mit welchem einem das Ganze 700 halbe Gr. cöln., mit dem andern aber 1200 halbe Gr. cöln. wiegt. Legt man bei dem kleineren dann 300 halbe Gr. in das Schälchen B, so sinkt es bei der normalen Temperatur (15° R.) in reinem Wasser genau bis an das Knöpfchen b des sehr dünnen Stieles ein, und giebt somit dessen spec. Gew. unmittelbar ge-

Fig. 76.

1 Phil. Tr. XXXIII. 140.

2 Gren J. VII. 186. Ciarcy Beschreib. des allgem. Aräometers. Giefs. 1795. 8.

nau = 1000 oder = 1,000, und somit wird das spec. Gew. jeder anderen Flüssigkeit durch das absolute Gewicht des Werkzeuges und der zugelegten Gewichttheile ausgedrückt. Erfordert z. B. eine Flüssigkeit nur 125 Gewichtstheile, damit das mit dem kleineren Quecksiberschälchen beschwerte Aräometer bis an den Punct b einsinke, so ist ihr spec. Gew. = 700 + 125 = 825 oder = 0,825; erfordert eine andere dagegen, wenn das Aräometer mit dem gröſseren Quecksilbergewichte beschwert ist, 575 zugelegte halbe Grane, so ist ihr spec. Gew. = 1200 + 575 = 1775 oder 1,775, wobei sich versteht, daſs die Normaltemperatur genau beachtet, und nach einem zum Apparate gehörigen Thermometer bestimmt werde [1]. Uebrigens ist klar, daſs man auſser dem angegebenen Gewichte von halben Granen cölnisch jedes andere beliebige wählen, dieses in 700 und gleiche 1200 theilen, dann noch 300 und 800 andere gleiche Gewichttheile zum Auflegen verfertigen könne, um die Bestimmungen des spec. Gew. der Flüssigkeiten mit gleicher Genauigkeit zu erhalten. Uebrigens ist es auch nicht durchaus nothwendig, daſs das Instrument genau 700 und 1200 Gewichtstheile schwer sey, indem Messung und Rechnung auf gleiche Weise genau wird, wenn dasselbe z. B. mit dem kleineren Quecksilbergefäſse beschwert nur 655 oder 725 Gewichttheile wiegt, und im ersteren Falle mit 345, im andern mit 275 Gewichttheilchen beschwert bis an das Knöpfchen b einsinkt. Man kann dasselbe hiernach ferner auch sehr klein machen, wenn es zur Bestimmung der spec. Gew. geringer Quantitäten von Flüssigkeiten dienen soll. Die birnförmige Gestalt endlich gewährt den Vortheil, daſs wegen des angehängten schweren Gewichtes und des dünnen Glaskörpers der Schwerpunct des Instruments tief, der Schwerpunct des aus der Stelle getriebenen Wassers aber höher zu liegen kommt, wonach auch bei oben aufgelegten Gewichten ersterer unter dem letzteren bleibt, so daſs das Instrument nicht umschlagen kann.

---

1 Ueber die wegen Temperaturdifferenz erforderliche Correction S. *Gewicht, specifisches.* Vergl. *Ausdehnung.*

Ein auf die angegebene Weise construirtes Aräometer ist vollkommen hinreichend zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten, indem diese stets nur im Verhältnifs zum Wasser als Einheit gesucht wird. Wäre dieses nicht, so würden alle spec. Gewichte zu klein gefunden werden, weil das absolute Gewicht des Aräometers zu geringe ist, indem dasselbe in der Luft gewogen so viel von seinem Gewichte verliert, als das durch dasselbe verdrängte Luftquantum, welche Gröfse seinem absoluten Gewichte hinzu addirt werden mufs. Vernachlässigt man hierbei den aërostatischen Einflufs der Luft auf das Hütchen und die Gewichttheile, womit man das Gewicht bestimmt, selbst, welches hauptsächlich rücksichtlich des ersteren um so mehr geschehen mufs, als dasselbe nicht mit ins Wasser getaucht, mithin um den aliquoten Theil stets von der Luft getragen wird; so läfst sich die, aus dem aërostatischen Einflusse erwachsende Correction leicht finden. Ist nämlich das Gewicht des Instrumentes und der zugelegten Gewichttheilchen beim Einsinken desselben in reines Wasser bis an das Knöpfchen p; das spec. Gew. der Luft gegen Wasser mit den erforderlichen Correctionen $= w$[1], so ist der Gewichtsverlust desselben durch den statischen Einflufs der Luft $= p\,w$, und es ist also sein absolutes Gewicht nebst dem der Gewichttheile im leeren Raume gewogen, $p' = p\,(1 + w)$, und da diese Correction jedes einzelne Gewichttheilchen afficirt, so müfsten die 700 Gewichttheilchen des Instrumentes $= 700\,(1 + w)$ gerechnet, die 300 Zulegewichte aber gleichfalls $= 300\,(1 + w)$ gerechnet werden, um das spec. Gew. des Wassers zu finden; oder man müfste die Zulegegewichte gehörig verkleineren, so dafs $g' = g\,(1 - w)$ würde, wonach dann, wenn deren n zum Einsinken erforderlich wären, das spec. Gew. der untersuchten Flüssigkeit $= 700\,(1 + w) + n\,g'$ seyn würde[2].

Die Bequemlichkeit dieses, einer solchen Correction übrigens nicht bedürfenden, Insrumentes ist einleuchtend. Um zu bestimmen, bis wie weit dasselbe die spec. Gew. ge-

---

1 S. *Luft*.

2 Vergl. Biot Traité. I. 415.

nau angiebt, dient folgende Betrachtung. Das von Charcy verfertigte Aräometer wog 500 Gr. cöln.; der par. Cub. Z. Regenwasser wog nach Schmidt $1\frac{5}{16}$ Lt. und 128 Richtpfthle. Erstere Gröfse durch letztere dividirt giebt den Raum des durch das einsinkende Instrument verdrängten Wassers, = 1,55 Cub. Z. Der tausendste Theil hiervon = 0,00155 Cub. Z. ist dem Raume gleich, um welchen es durch Zulegung eines Gewichttheilchens weiter einsinkt. Letzterer Raum durch den Queerschnitt des Halses dividirt, giebt die Länge des einsinkenden Theiles. Es war aber der Queerschnitt des Stängelchens, welches die Schale trug, kleiner als 0,0025 Q. Z. mithin $\frac{0{,}00155}{0{,}0025} = 0{,}62$ Z. die Länge des durch ein Gewichttheilchen einsinkenden Theiles. Rechnet man hiervon die Hälfte für die zu überwindende Adhäsion ab, so bleibt immer noch 0,32 Länge des einsinkenden Theils; und wenn man annimmt, dafs hiervon der vierte Theil geschätzt werden könne, so wird sich ohne Schwierigkeit das spec. Gew. einer Flüssigkeit bis auf 0,00025 finden lassen. Es folgt hieraus, dafs die Empfindlichkeit des Werkzeuges im directen Verhältnisse seiner Gröfse und im umgekehrten des Queerschnittes seines Halses stehe. Bei dieser grofsen Genauigkeit darf man sich mit Recht wundern, dafs dasselbe nicht allgemeiner geworden ist, und die viel unvollkommneren Aräometer mit festen Scalen nicht längst verdrängt hat. Vorzüglich ist dasselbe für concentrirte Säuren zu empfehlen, bei welchen selbst dem Gebrauche der hydrostatischen Waage wegen der ätzenden Eigenschaft ihrer selbst und ihrer Dämpfe grofse Hindernisse in Wege stehen [1]. Ein diesem ähnliches Instrument, welches Lanier [2] als *hydromètre universel* bekannt gemacht hat, ist weit mehr zusammengesetzt und minder brauchbar, dasjenige aber, dessen sich Charles unter dem Namen eines *hydromètre thermométrique* [3] bediente, um die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch Wärme zu finden, ist mit

1 Vortreffliche Apparate dieser Art verfertigt der Mechanicus Loos in Darmstadt.

2 J. d. Ph. LXXIV. 182.

3 Biot Traité. I. 414.

diesem ganz identisch, und unterscheidet sich bloſs durch seine Gröſse und die Dünne seines Stieles, beides der gröſseren Empfindlichkeit wegen.

Nicholson[1] hat unter dem Namen *Hydrometer* ein Werkzeug angegeben, welches gleichfalls bei gleichem Volumen veränderliche Gewichte erfordert. Dasselbe besteht aus einem oben und unten durch gebogene Flächen geschlossenen Cylinder von Blech A. Am oberen Ende ist in der Richtung der Axe ein dünner Messingdraht befestigt, welcher oben vermittelst eines kleinen Ringes von Blech eine flache Schale B trägt, und an einer geeigneten Stelle durch einen Feilstrich b gezeichnet ist. Am unteren Ende trägt ein angelötheter Draht einen Bügel, und dieser einen umgekehrten Kegel oder einen Eimer a, dessen unteres Ende durch ein Gewicht beschwert ist. Soll dasselbe dazu dienen, die spec. Gew. der Flüssigkeiten zu finden, so muſs sein absolutes Gewicht, und dasjenige, mit welchem es beschwert wird, damit es bis an den Feilstrich des Stieles einsinke, bestimmt werden, und es verhalten sich dann, wie beim Fahrenheitschen, die spec. Gew. zweier Flüssigkeiten, wie die absoluten Gewichte des Werkzeuges beim Einsinken bis an den bezeichneten Punct. Der Erfinder wollte es indeſs nicht bloſs für diesen Zweck, sondern zugleich auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper benutzen, und in dieser Hinsicht ist es vorzüglich durch Hauy zur Bestimmung des spec. Gew. der Mineralien empfohlen[2]. Soll es hierzu gebraucht werden, so ist nicht erforderlich, sein absolutes Gewicht zu kennen, sondern man suche bloſs das Zulegegewicht, womit es bis an das Zeichen des Stieles einsinkt, lege das Mineral in das Schälchen, und nehme so viel Gewicht heraus, bis das Werkzeug wieder auf den vorigen Punct einsinkt, um das absolute Gewicht des Körpers zu erhalten. Dann werfe man diesen in das Eimerchen ins Was-

Fig. 77.

1 Manchester Memoirs. Vol. II. Wassington and London. 1787. 8. maj.

2 Hauy Traité de minéral. Par. 1801. I. 210. übers. von Karsten. Berl. 1804. I. 283. Journal d'Histoire naturelle T. I. Par. 1792. 8. p. 94. Gren J. d. P. V. 502.

ser, so wird er ein gleich grofses Volumen Wasser, als er selbst ist, verdrängen. Das Gewicht des letzteren mufs oben im Schälchen wieder zugelegt werden, um den Normalpunct des Einsinkens herzustellen, und giebt, in das absolute Gewicht dividirt, das spec. Gew. des Körpers. Z. B. Es sinke das Aräometer mit 400 Gr. Zulegegewicht bis an den Strich ein. Man lege ein Stück Kalkspath in das Schälchen, und nehme statt dessen 250 Gr. heraus, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Dann werfe man das Stück Kalkspath in den kleinen Eimer, und lege 92 Gr. zu, um das Werkzeug wieder bis an den Strich einsinken zu machen, so ist $\frac{250}{92} = 2,7173\ldots$ das spec. Gew. des Kalkspathes gegen Wasser als Einheit bei der Temperatur desselben während des Versuches. Ist das Volumen des Apparates und die Feinheit des oberen Drahtes bekannt, so läfst sich durch eine ähnliche Rechnung, als die oben beim Fahrenheitschen angegebene, die Genauigkeit bestimmen, welche mit demselben erreicht werden kann. Meistens werden diese Aräometer von Messingblech verfertigt, haben aber dann von der Politur leicht einen feinen fettartigen Ueberzug, welcher die Adhäsion des Wassers hindert, und sie dadurch weit minder empfindlich macht. Letztere Unvollkommenheit wird bedeutend vermehrt, wenn die Künstler sie mit Firnifs oder Lack überziehen. Indem aber ungefirnifstes Messingblech leicht schwarz wird, der Firnifs aber die Adhäsion zum Wasser und die leichtere Beweglichkeit in demselben aufhebt, so müssen sehr genaue Instrumente dieser Art entweder von Silber, oder noch besser von Glas gemacht seyn.

Charles in Paris bedient sich eines verbesserten Aräometers dieser Art, welches zweckmäfsig eingerichtet ist, und von ihm *aréomètre - balance* genannt wird. Seinem Baue nach ist dasselbe ein Fahrenheitsches mit einem anhängenden Glasgefäfse a voll Quecksilber, welches den birnförmigen schwimmenden Körper herabzieht. Zwischen beiden hängt ein Sieb von Silber, in welches die festen Körper, wenn sie oben gewogen sind, geworfen werden können, um ihren Gewichtsverlust im Wasser zu finden. Für leichtere

Fig. 78.

Körper kann dasselbe umgekehrt werden, so dafs diese dann in die Höhe drücken[1]. Bei der grofsen Genauigkeit des Fahrenheitschen Werkzeuges kann man die hier angegebene Vorrichtung bequem sowohl für feste Körper als auch für flüssige einrichten, wenn man dasselbe etwas grofs verfertigen läfst, dann nach den Erfordernissen des Fahrenheitschen ohne das Sieb graduirt, und mit den erforderlichen Gewichten versieht, um es für alle Arten Flüssigkeiten zu gebrauchen, bei der Bestimmung des spec. Gew. fester Körper aber das Sieb einhängt, und die Abwägung vornimmt, ohne auf das absolute Gewicht des Werkzeugs Rücksicht zu nehmen, welches bekanntlich hierbei unbestimmt bleiben kann[2].

Die hydrostatische Waage von Hawksbee[3] gehört gleichfalls unter diese Classe von Aräometern, ist aber sehr zusammengesetzt, kostbar, und dennoch kein vollständiger aräometrischer Apparat. Sie besteht aus einer gleicharmigen, höher und niedriger zu stellenden Waage mit herabhängender Zunge, hat am einen Arme eine gewöhnliche Waagschale, am andern einen gläsernen, länglichrunden Körper, über welchem an der ihn tragenden Stange eine zweite Waagschale befestigt ist. Zur Bestimmung des spec. Gew. einer Flüssigkeit wird der Glaskörper mit der Waagschale des andern Armes ins Gleichgewicht gesetzt, dann ins Wasser gesenkt, und die zur Herstellung des Gleichgewichtes dann erforderlichen Zulegegewichte geben das Gewicht eines gleich grofsen Volumens Wasser. Man senkt den Glaskörper dann in die zu prüfende Flüssigkeit, und die hierbei erforderlichen Zulegewichte, dividirt durch die ersteren, geben das spec. Gew. derselben. Einfacher und weit empfindli-

1 Biot Traité. I. 433.

2 Solche Apparate, und für minder genaue Bestimmung die nach G. G. Schmidts Angabe graduirten Aräometer verdienten allgemein eingeführt zu werden, vom ersteren zwei Arten, eine gröfsere und eine kleinere.

3 Leupold Theatr. mach. hydrost. cap. III. p. 33. Theatr. stat. univ. II. p. 217. Christ. Wolf Allerhand nützliche Versuche u. s. w. Halle 1737. I. 563.

cher ist die von HOOKE schon 1692 vorgeschlagene Waage, welche aus einem zweiarmigen feinen Waagebalken mit einer an einem feinen Metallfaden aufgehangenen Glaskugel an der einen Seite und einer Waagschale an der anderen besteht[1]. Ihr Gebrauch ergiebt sich von selbst, und will ihr Erfinder $\frac{1}{1000}$stel Salz im Wasser damit gefunden haben.

Fig. 79. Vorzüglicher als beide ist wohl RAMSDEN's hydrostatische Waage[2]. Sie ist als Schnellwaage eingerichtet, trägt an dem kürzeren Arme einen Glaskörper a, auf dem längeren dagegen ein verschiebbares Gewicht m, welches auf zwei Scalen zugleich, auf der einen das spec. Gew., auf der andern den Alkoholgehalt nach Procenten bei denjenigen Flüssigkeiten unmittelbar angiebt, worin die Kugel eingesenkt ist. HASSENFRATZ[3] hat in einer weitläuftigen Abhandlung aufser einer Kritik der meisten, bis dahin bekannten Aräometer eine Verbesserung dieser Waage vorgeschlagen, welche darin besteht, dafs von zwei Schiebern der eine die Zehntheile des andern angiebt; ferner hat er sie auf französische Gewichte reducirt, und durch Vertauschung des Glaskörpers mit einem Eimerchen auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper anwendbar gemacht. Durch dieses letztere tritt sie indefs nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche aus der Classe der Aräometer in die der eigentlichen hydrostatischen Waagen.

Wäre es zweckmäfsig, neben den, in ihrer Art genügenden, Aräometern mit festen Scalen, wenn sie nach richtigen Grundsätzen verfertigt sind, neben dem verbesserten Fahrenheitschen und der gleich zu erwähnenden vortrefflichen *Senkwaage* von TRALLES noch einen Apparat einzuführen, so möchte es diese Ramsdensche Waage seyn, welcher es, wie GILBERT[4] gezeigt hat, an Genauigkeit nicht

---

1 Phil. Tr. N. 197. XVI. p. 640.

2 An account of experiments te determine the specific gravities of fluids cet. by Jesse Ramsden. Lond. 1792. J. de Ph. XL. 432. G. I. 158.

3 Ann. de Chim. XXVI. 1 ff. 132 ff. 188. XXVII. 118. XXVIII. 5 u. 282. G. I. 158.

4 Ann. I. 161.

fehlt, obgleich sie ungleich kostbarer und dabei minder fein als die beiden letzteren ist. Hätte die Waage nur einen Läufer, welches der genaueren Arbeit und einfacheren Eintheilung wegen vorzuziehen ist, so müſste der Waagebalken so eingerichtet werden, daſs der Läufer, am Ende desselben befindlich, dem freischwebenden Glaskörper das Gleichgewicht hielte. Vernachlässigt man hierbei den unbedeutenden statischen Einfluſs der Luft, wiegt dann den Glaskörper in destillirtem Wasser bei der Normaltemperatur und theilt den Raum, welchen dann der Läufer durchlaufen hat, in 1000 gleiche Theile, so wird man hiernach das specifische Gewicht derjenigen Flüssigkeiten, welche leichter als Wasser sind, bis auf 0,001 finden können, und eben so der schwereren bis zum spec Gew. = 2,00, wenn man fortfährt, auf dem Waagebalken noch 1000 Theile, also bis 2000 aufzutragen. Es sey nämlich das Gewicht des Läufers = p; die Länge des Hebelarmes, wenn der Glaskörper in der Luft schwebend im Gleichgewichte ist, = c; wenn er im Wasser gewogen wird = a; wenn er in einer Flüssigkeit vom spec. Gew. = m gewogen wird = x; so ist der Verlust des Glaskörpers im Wasser = $pc - pa$; und in der Flüssigkeit vom spec. Gew. m gewogen = $pc - px$; und da diese Gewichtsverluste im Verhältnisse der spec. Gew. stehen, so ist $p(c-a) : p(c-x) = 1 : m$; folglich $x = c - (c-a)m$. Bezeichnen dann Δx; Δm zwei zusammengehörige Veränderungen der Länge des Hebelarmes und des spec. Gew., so ist $\Delta x = -(c-a)\Delta m$, wonach also Δx sich gleichmäſsig verändert. Nimmt man an, der Waagebalken habe vom Hypomochlion an 8 par. Z. Länge, so geben diese 960 Zehntel Linien, und es lassen sich also leicht 1000 Theile auftragen und ohne Schwierigkeit ablesen, wodurch also die spec. Gew. aller Flüssigkeiten von 0,0 bis 2,0 auf $\frac{1}{500}$stel bestimmt werden könnten. Weil es aber keine Flüssigkeit unter 0,7 giebt, so könnte man 350 Theile von diesen 1000 entbehren, wodurch die übrigen im gleichen Verhältnisse gröſser werden würden. Dann müſste aber auſser dem Puncte, welcher dem spec. Gew. des Wassers zugehört, noch ein anderer durch Abwiegen in einer genau bekannten Flüssigkeit bestimmt werden.

Auf gleiche Weise unbeachtet oder minder gebräuchlich, als gerade die richtigsten Aräometer sind, ist auch die vortreffliche Senkwaage von Tralles[1]. Sie ist im Wesentlichen dem Fahrenheitschen Aräometer nachgebildet, besteht aus einem hohlen, am besten gläsernernen, Körper A mit einem dünnen Stiele, welcher in die Flüssigkeit bis an einen bezeichneten Punct am letzteren eingesenkt wird. An der oberen Spitze des Stieles befindet sich ein zweimal gebogener feiner Arm a a a a, an dessen unteres Ende eine kleine Waagschale mit Gewichten p so aufgehängt ist, daſs das Instrument, gerade gerichtet, in dem cylindrischen Glase B schwimmt. Soll die Waage einen allgemeinen Gebrauch haben, so wird der Glaskörper nebst Arm, Schälchen und Gewichten, womit dieselbe belastet werden muſs, wenn der Glaskörper in reinem Wasser bei der Normaltemperatur bis an das Zeichen am Stiele einsinkt, gewogen, und dieses Gewicht ist die Einheit, welche, in das Gewicht, womit der Glaskörper in einer andern Flüssigkeit bis eben dahin einsinkt, dividirt, das spec. Gew. der letzteren bei der angenommenen Temperatur angiebt. Nimmt man daher das oben angegebene Totalgewicht des Apparates als Einheit an, und verfertigt sich Gewichtstheilchen, welche 0,001 desselben ausmachen, so erhält man auch hiermit das spec. Gew. der Flüssigkeiten ohne Rechnung. Wiegt daher z. B. der Apparat ohne die Zulegegewichte 520 Gewichttheilchen, so daſs für das Schwimmen im Wasser noch 480 zugelegt werden müssen, so ist das spec. Gew. einer leichteren Flüssigkeit, bei welcher 20 Gewichttheilchen weggenommen werden müssen, = 0,980; bei einer schwereren, wobei 35 zugelegt werden müssen, = 1,035. Soll aber die Waage zur Bestimmung einer eigenthümlichen Gröſse, z. B. des Gehaltes von Alkohol im Branntwein, angewandt werden, so kann man hierfür die Zulegegewichte einrichten, und für jedes Exemplar im Voraus Tabellen, theils für die mit dem Gehalte der Mischung abnehmenden spec. Gew., theils für die veränderlichen Temperaturen entwerfen, wozu Tralles zugleich mit der Be-

Fig. 80.

---

1 G. XXX. 384. XXXVIII. 401. Hermbstädt's Büllet. 1809. II. 143. Berlin. Denksch. 1804 — 11. p. 65.

schreibung des Instrumentes Anleitung giebt. Man sieht übrigens leicht, dafs dieses Instrument dem Fahrenheitschen an Genauigkeit, Umfang und Feinheit gleich kommt, an Bequemlichkeit und Leichtigkeit der Behandlung etwas nachsteht, wegen seines geringeren Preises aber vorzuziehen ist.

Eine andere Anwendung der oben gegebenen zweiten Formel, wonach D : d = P : p ist, hat zu einer Reihe von Werkzeugen geführt, welche in ihrer Construction nicht wesentlich verschieden sind. Einer der ältesten bekannten Vorschläge dieser Art ist von Homberg[1]. Dieser empfiehlt eine gläserne Flasche A mit einem engen Halse und einer seitwärts angebrachten feinen Röhre f, welche bis zur Höhe e des Halses reicht, und verhindert, dafs die eingeschlossene Flüssigkeit nie höher, als bis an diesen sehr engen Raum steigen kann, auch läfst sie die im Gefäfse befindliche Luft beim Eingiefsen der Flüssigkeit entweichen. Man bringt dieses Gefäfs auf einer genauen Waage ins Gleichgewicht, giefst dann Wasser hinein, bis es an das Zeichen bei e reicht, stellt das Gleichgewicht der Waage wieder her, und bemerkt, wenn die Temperaturen gleich bleiben, dieses ein für allemal. Dann wiegt man in dem wieder gereinigten Gefäfse eine gleiche Quantität der zu bestimmenden Flüssigkeit, dividirt das zuletzt gefundene Gewicht durch das erste, und findet so das spec. Gew. der Flüssigkeit gegen das des Wassers als Einheit. Da der Hals der Flasche sich bei e haarröhrchenartig verengt, so können die Volumina der eingegossenen Flüssigkeiten nicht wesentlich differiren, aufser was der Einflufs der ungleichen Capillaranziehung beträgt, auch kommt das schwierige Reinigen und Trocknen des Gefäfses sehr in Betrachtung.

Fig. 81.

Die erste, nicht eigentlich wesentliche, Abänderung erhielt dieser Apparat durch Descroizilles, welcher ihm den Namen *Aréométritype* gab, indem er zur Calibrirung der Beaumé'schen Aräometer dienen sollte. Nach ihm besteht das Werkzeug aus einem dicken Glase g h mit eingeriebenem gläsernen Stöpsel a b, welcher in den Raum des erfüllten Gläschens so eingedrückt wird, dafs gerade 100 Decigram-

Fig. 82.

1 Mém. de l'Ac. 1699. 44.

men destillirtes Regenwasser darin bleiben, eine Quantität, welche bei Verfertigung des Instrumentes genau regulirt werden kann, indem man entweder den Stöpsel etwas dünner schmirgelt, damit er etwas tiefer hineingeht, oder von der unteren Fläche etwas abschleift. Das Glas mit reinem Wasser gefüllt, wird auf einer beliebigen feinen Waage mit dem blechenen Futteral desselben BB und dessen Deckel A so ins Gleichggewicht gesetzt, dafs es genau tarirt ist. In der kleinen Schublade dc befinden sich dann Gewichttheilchen, auf Milligramme reducirt, und wenn das Gläschen mit irgend einer Flüssigkeit gefüllt ist, so wird es wieder auf die Waage gebracht, und man legt von den Gewichttheilchen entweder in die Waagschale des Futterals oder in die des Gläschens, wodurch das spec. Gew. der Flüssigkeit unmittelbar gegeben wird. Auf die veränderliche Temperatur und deren Einflufs hat der Erfinder keine Rücksicht genommen.

Ramsden[1] verbesserte dieses Werkzeug in so fern, als er die Temperatur der zu wiegenden Flüssigkeiten durch ein hineingesenktes Thermometer mit geätzter Scale, welche gröfserer Genauigkeit wegen nur 10 — 12 Grade F. umfafste, scharf bestimmte. Die Flasche, von 2 — 2,5 Z. Durchmesser, endigt oben in einen engen, sehr glatt abgeschliffenen Hals, von etwa 0,3 Zoll Durchmesser, welcher mit einem gleichfalls genau geschliffenen und polirten Glasscheibchen bedeckt wird. Letzteres hat ein rundes Löchelchen, worin das Ende des Thermometers eingeschmirgelt ist, und somit fast bis auf den Boden des Gefäfses reicht. Als eine aufserwesentliche Verbesserung ist es anzusehen, dafs Schmeisser[2] das Gefäfs mit einem gläsernen, eingeschmirgelten Stöpsel versah, in welchen das Thermometer vermittelst eines gläsernen Kragens gleichfalls eingeschliffen war. In dieser Form ist es zusammengesetzter und schwieriger zu verfertigen, als in der vorhergehenden, erlaubt aber auch bei undurchsichtigen Flüssigkeiten die Thermometergrade zu beobachten. Keine eigentliche Verbes-

Fig. 83. Fig. 84.

1 Phil. Trans. LXXX.

2 Lichtenbergs Mag. IX. 2. 97 aus den Phil. Tr. LXXXIII. 164.

serung ist ferner der Vorschlag von HASSENFRATZ[1], indem dieser das Gefäfs mit einem bleiernen, durchlöcherten Stöpsel zu verschliefsen räth. WAGENMANN[2] verwirft das Thermometer, räth blofs ein einfaches Gläschen, welches etwa Fig. 2 Unzen Wasser hält, oben glatt zu schleifen, mit einer 85. gleichfalls geschliffenen Glasplatte zu bedecken, um durch das Auflegen derselben das Volumen der im Innern enthaltenen Flüssigkeit genau zu bestimmen, dann das gefüllte, vorher tarirte Fläschchen auf einer feinen Waage zu wiegen, und aus dem Gewichte der hierdurch erhaltenen gleichen Mengen verschiedener Flüssigkeiten das spec. Gew. derselben zu bestimmen. In dieser Form ist das Werkzeug wohl *Microaräometer*, oder auch *hydrostatische Waage* genannt, und PARROT[3] zeigt ausführlich, dafs man dasselbe auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper gebrauchen könne, indem man diese hineinwirft, und aus der Quantität des verdrängten Wassers ihr Volumen findet. Endlich hat MEISSNER[4] noch eine Verbesserung dieses Aräometers, welches er *Pyknometer*[5] nennt, vorgeschlagen. Diese besteht blofs darin, dafs die bedeckende Glasscheibe mit einem kleinen Löchelchen versehen wird, um der überschüssigen Flüssigkeit hierdurch einen Ausweg zu lassen, wenn diese anders von der Art ist, dafs sie die Ränder des Gläschens nicht benetzt, und sich somit nicht über dieselben ausbreitet.

Dafs dieses Instrument weder hinsichtlich seiner Feinheit noch auch seiner Bequemlichkeit einen Vorzug vor den vorhin beschriebenen Arten der Aräometer, den sogenannten Gravimetern, habe, folgt aus den mitgetheilten Beschreibungen und Berechnungen. Mit einem Thermometer versehen ist das Gewicht des Gefäfses zu grofs gegen das Gewicht der enthaltenen Flüssigkeit, ohne Thermometer aber

1 Annales de Chim. Par. an VI. p. 188. G. I. 409.

2 Hermbstädt Büllet. VI. 1. 22.

3 Grundrifs der theoretischen Physik von G. F. PARROT. Riga u. Leipz. 1809. I, 301.

4 Aräometrie. I. 47.

5 Von πυκνός dicht, daher *Dichtigkeitsmesser*, von Meifsner unrichtig *Dünnemesser* übersetzt.

ist die Temperatur um so weniger bestimmbar, als sie durch das Herablaufen der Flüssigkeit und das beim Abwischen derselben nothwendige Manipuliren sehr leicht verändert wird. Dabei erfordert dasselbe eine eben so weitläuftige Rechnung, als das Nicholsonsche, und steht hierin dem Fahrenheitschen und den Aräometern mit fester Scale nach. Blofs in dem Falle, wenn nur eine geringe Quantität der zu untersuchenden Flüssigkeit vorhanden ist, hat es einen Vorzug in der Kleinheit seines Umfanges. Man kann in solchen Fällen[1] für geringe Quantitäten dünne Glasröhren in feine Spitzen ausziehen, diese bei möglichst gleicher Temperatur, nachdem sie tarirt sind, erst mit Wasser, dann mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gleichmäfsig füllen, die Spitzen durch blofses Hineinhalten in eine Lichtflamme zuschmelzen, und dann wiegen, so erhält man auch bei sehr kleinen Quantitäten das spec. Gew. derselben nahe völlig genau. Gleichfalls bedient man sich für technische Zwecke mit Nutzen willkührlich grofser Gefäfse mit engem Halse, füllt diese bei gleicher Temperatur, wie sie z. B. durch längeres Hinsetzen in tiefe Keller gegeben wird, mit den zu prüfenden Flüssigkeiten, und bestimmt den erforderlichen normalen Grad ihrer Rectification oder Concentration durch Wiegen auf einer gemeinen Waage[2].

Dafs das Wesen der Aräometer durch die verschiedene Beschaffenheit der zu untersuchenden Flüssigkeiten nicht geändert werde, und es hiernach keiner besondern Benennungen derselben bedürfe, versteht sich von selbst. Indefs hat man aufser den oben schon angegebenen gangbareren Namen doch noch andere erfunden, welchen indefs wegen

1 Muncke Physikalische Abhandlungen. p. 300.

2 Aufser der angegebenen Literatur S. J. Gesner dissertatio de hydroscopio constantis mensurae. Züric. 1754. Joh. Gesners physisch-mathematische Untersuchung von der Richtigkeit des Mafses und dem Nutzen der Hydroskopien. Wien 1771. 8. Historiae baryllicorum rudimenta, Auct. C. H. Weigel. Gryphisw. 1785. 4. Reflexions sur les Aréometres par M. Le Roy in Mém. de l'acad. 1770. p. 56. Aräometrie oder Anleitung zur Bestimmung des spec. Gew. und zur Verfertigung genauer Aräometer für Chemisten und Technologen von D. And. Baumgarten. Wien 1820. 8.

der Unbedeutsamkeit der damit bezeichneten Werkzeuge nur ein ephemeres Bekanntseyn zu Theil geworden ist. Dahin gehört das von Chevalier[1] angegebene *Gleucometer* (von γλεῦκος Most und μετρέω) ein Aräometer zur Bestimmung des Zuckers im frischgepreſsten Moste.

Zuweilen bedient man sich für den ökonomischen Gebrauch eines sehr unsichern Mittels, z. B. die Gehaltigkeit der Salzsohlen auszumitteln, indem man sie soweit concentrirt, daſs ein Hühnerei darin nicht mehr untersinkt. Indeſs ist das spec. Gew. der Eier bekanntlich sehr ungleich. Sicherer ist ein analoges Verfahren, dessen sich London zur Prüfung der Salzlake für die einzusalzenden Heringe bedient, indem er abgewogene kleine Glaskügelchen darin zum Schwimmen bringt[2]. Endlich kann hier auch noch in der Kürze erwähnt werden, daſs Gröning nach einem sinnreichen Verfahren den Alkoholgehalt des Branntweins aus der Temperatur des Destillat's bestimmt, und hiernach das *Thermometer* ein *Alkoholometer* nennt[3]. Die Sache beruhet auf den bekannten Gesetzen der Verdampfung und des Siedens.

Zu den Aräometern kann man füglich auch ein Instrument rechnen, welches H. Say[4] angegeben und *Stereometer* (von στερεός dicht, solide) genannt hat. Die Bestimmung desselben ist das Volumen der Körper zu finden, ohne sie mit Wasser in Berührung zu bringen, wonach bei bekanntem absoluten Gewichte derselben das specifische durch die allgemeine Formel $D : d = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$ gefunden werden kann. Fig. 86. A bezeichnet ein Gefäſs von willkührlichem Inhalte, mit einer genau calibrirten und in gleiche Theile fein getheilten gläsernen Röhre ab versehen, und der feinen Pulver wegen nur durch eine feine Oeffnung *a* damit communicirend; CD ist ein Gefäſs mit Quecksilber, in welches die Röhre ganz eingetaucht werden kann. Der obere Rand des Gefäſses A wird matt geschliffen, so daſs die Spiegelplatte *m m* mit etwas Pomade bestrichen dasselbe Luftdicht verschlieſst, die

1 J. de Ph. LVIII. 159.

2 Gill's Technical Repository N. 22. p. 228.

3 Schweig. J. XXXIX. 473.

4 Ann. de Chim. XXIII. 1. G. II. 230.

Häkchen nn sind dazu bestimmt, den Apparat nachdem die Röhre in das Quecksilber getaucht, und die Platte aufgelegt ist, vermittelst daran gebundener Fäden über eine Rolle in die Höhe zu ziehen, ohne die Temperatur der enthaltenen Luft durch die Berührung mit der Hand zu ändern.

Say giebt zwei Formeln an, wonach man mit oder ohne gleichzeitige Beobachtung des Barometers durch die Ausdehnung der Luft des leeren, oder die zu messende Substanz enthaltenden Gefäfses das Volumen der letzteren finden kann, welche aber beide für den praktischen Gebrauch zu verwikkelt sind. Am einfachsten läfst sich die Anwendung desselben auf Folgendes zurückbringen. Wird die Röhre bis an das Gefäfs oder den 0 Punct der Scale in das Quecksilber eingetaucht, dann die Deckplatte luftdicht darauf gelegt, und das Gefäfs in die Höhe gehoben, so wird das Quecksilber in der Röhre nach dem Mariotteschen Gesetze bei gleicher Höhe des Gefäfses über den Niveau des Quecksilbers im Gefäfse bei jedem Barometerstande gleich hoch stehen, weil die Luft im Gefäfse bei gleichem Gewichte der angehobenen Quecksilbersäule gleich viel ausgedehnt wird, der Raum aber, welchen sie in der Röhre einnimmt, ist ein aliquoter Theil des Inhalts des Gefäfses. Ist die Röhre genau calibrirt, also vollkommen cylindrisch, ändert sich der Luftdruck und die Temperatur während des Versuches nicht, nennt man den Inhalt des leeren Gefäfses I, des mit der zu messenden Substanz zum Theil angefüllten i, steht das Quecksilber in beiden Fällen in der angehobenen Röhre gleichhoch, und wird die Luft im ersten Falle bis y im zweiten bis x ausgedehnt, so verhält sich $I : i = ay : ax$. Nennt man $ay = a$; $ax = b$, und ist I bekannt, so ist $i = I\frac{b}{a}$, und indem das Volumen des gemessenen Körpers $v = I - i = I\left(1 - \frac{b}{a}\right)$ ist, so läfst sich hieraus v von der Gröfse $= 0$ bis I finden, denn im ersteren Falle wäre $b = a$, mit $v = 0$, im letzteren aber $b = 0$, mithin $v = I$, wobei es also blofs darauf ankommt, vor dem Gebrauche I genau zu bestimmen, indem von a und b nur ihr Verhältnifs bekannt seyn mufs.

Folgendes Beispiel möge den Gebrauch eines für manche Zwecke gewifs brauchbaren Werkzeuges erläutern. Es sey

der Inhalt des Gefäfses 12 Cub. Z. = I die Scale der Röhre sey in 200 Th. getheilt, das leere, mit der Glasplatte bedeckte Gefäfs werde angehoben, und eine 25 Theile der Scale einnehmende Quecksilbersäule stehe bis y = bis 150 Th. der Scale; das Gefäfs werde niedergelassen, der zu messende Körper hineingelegt, es werde wieder verschlossen, eine 25 Th. der Scale einnehmende Quecksilbersäule stehe bis x = bis 50 Th. der Scale, so ist das Volumen des Körpers $v = 12\left(1 - \frac{50}{150}\right) = 7,9999 \ldots = 8$ Cub. Z. Ist dann das absolute Gewicht dieses Körpers = p, das absolute Gewicht von 8 Cub. Z. Wasser = P, so ist das spec. Gew. $p' = \frac{p}{P}$. *M.*

Araeometrie.

Araeometria; Aréométrie; Gravimétrie; *Hydrometry*; bezeichnet die Untersuchung der aräometrischen Werkzeuge, oder der Aräometer, die Prüfung des vermittelst derselben erreichbaren Grades der Genauigkeit, und eine Anweisung, wie man sich ihrer zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten bedienen müsse. Jenes ist im Artikel *Araeometer* abgehandelt, dieses dagegen gehört unter die im Allgemeinen bei physikalischen Versuchen erforderlichen Regeln der Vorsicht und Genauigkeit. Dahin gehört vorzüglich die Anwendung richtiger und feiner Werkzeuge, Erhaltung einer gleichmäfsigen Temperatur, scharfe Beobachtung und Rechnung, sorgfältige Reinigung des Instruments vor dem Einsenken in verschiedene Flüssigkeiten u. dgl. m. [1]. Diejenigen Correctionen, welche beim Gebrauche der Aräometer zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten wegen des statischen Einflusses der Luft, und der Ausdehnung durch die Wärme erfordert werden, findet man im Artikel: *Gewicht, specifisches*, abgehandelt.

M.

---

1 Nollet Leçons de Phys. II. 388. Meifsner die Araeometrie u. s. w. Wien 1816. Aräometrie, oder Anleitung zur Bestimmung des spec. Gew. und zur Verfertigung genauer Aräometer für Chimisten und Technologen. Von A. Baumgärtner. Wien 1820.

Arsenik.

Arsenicum; Arsenic; Arsenic. Es findet sich im Mineralreiche theils rein, theils mit andern Metallen und mit Schwefel verbunden, theils als arsenige Säure und in Gestalt mehrerer arseniksaurer Salze. Man erhält das Metall im Grofsen durch Sublimation aus dem Arsenikkies. Es krystallisirt in Oktaëdern und Tetraëdern, hat ein specifisches Gewicht von 8,31, eine lichtbleigraue Farbe, und verdampft bei 180° C., ohne zuvor zu schmelzen.

Seine Verbindungen mit Sauerstoff sind folgende:

1. *Arseniksuboxyd*, der schwarze Ueberzug, der sich beim Aussetzen des Metalls an die Luft bildet. Vielleicht blofs ein Gemenge von Metall und arseniger Säure.

2. *Arsenige Säure*, (38 Arsenik auf 12 Sauerstoff) das als *weifser Arsenik* häufig angewendete Gift. Sie bildet sich beim Erhitzen des Arsenik's an der Luft, wobei dasselbe mit blafsblauer Flamme verbrennt, einen knoblauchartig riechenden Dampf erzeugend. Sie wird durch Rösten arsenikhaltiger Erze gewonnen, wobei sich die Dämpfe der arsenigen Säure in dem mit dem Röstheerde verbundenen Giftfange zu Giftmehl verdichten, welches zu weiterer Reinigung nochmals sublimirt wird und sich dadurch in eine zusammenhängende glasige Masse von muschligem Bruche verwandelt, welche nach einiger Zeit undurchsichtig wird. Die arsenige Säure ist noch flüchtiger als das reine Arsenik. Sie löset sich in 13 Theilen kochenden Wassers; beim Erkalten scheidet sich aus dieser Lösung ein grofser Theil in oktaëdrischen Krystallen ab. Die wäfsrige Lösung röthet sehr schwach Lackmus; sie färbt sich mit Hydrothionsäure gelb, und giebt dann beim Zusatz von Salzsäure einen gelben Niederschlag von Schwefelarsenik; sie giebt mit überschüssigem Kalkwasser einen weifsen, in Säure löslichen, Niederschlag, mit Kupferoxydammoniak einen zeisiggrünen, und mit salpetersaurem Silber, beim Zusatz von wenig Alkali, einen citrongelben. Die arsenige Säure löst sich wenig in Salzsäure und einigen anderen Säuren; dagegen zeigt sie sich mit vielen Salzbasen verbindbar zu arsenigsauren Salzen,

welche sämmtlich beim Erhitzen arsenige Säure entwickeln.

3. *Arseniksäure.* Sie bildet sich beim Verpuffen des Arseniks und der arsenigen Säure mit Salpeter; auch beim Kochen des Arseniks und der arsenigen Säure mit Salpetersalzsäure, und bleibt dann beim Abdampfen als eine weiſse glasähnliche Masse zurück. Diese schmilzt in mäſsiger Glühhitze und zerfällt in stärkerer in Sauerstoffgas und arsenige Säure, die sich verflüchtigt.

Die Arseniksäure löst sich sehr leicht und reichlich in Wasser, die Lösung ist im concentrirten Zustande syrupartig, röthet sehr stark Lackmus, giebt mit Hydrothionsäure erst nach längerer Zeit einen gelben Niederschlag von Schwefelarsenik, giebt mit überschüssigem Baryt- und Kalkwasser weiſse, in Salzsäure lösliche Niederschläge, mit Kupferoxydammoniak einen blaſsblauen, mit salpetersaurem Silberoxyd, besonders bei Hinzufügung von wenig Ammoniak, einen braunrothen. Mit den Salzbasen bildet die Arseniksäure die arseniksauren Salze, die in der Glühhitze meist nur dann ihre Säure im zersetzten Zustande fahren lassen, wenn Kohle, oder eine andere brennbare Materie vorhanden ist, welche durch Entziehung von Sauerstoff die Arseniksäure in arsenige Säure oder in Metall verwandelt.

Das Arsenik verbrennt im Chlorgas mit lebhaftem Feuer, und bildet damit eine sehr flüchtige ölige Flüssigkeit, *Arseniköl.* Es verbindet sich mit Schwefel in sehr vielen Verhältnissen; 38 Arsenik bilden mit 16 Schwefel das *rothe Schwefelarsenik*, Realgar, Sandarach; mit 24 Schwefel das *gelbe Schwefelarsenik*, Rauschgelb, Auripigment; mit noch mehr Arsenik eine mehr bräunlichgelbe Masse. Alle diese Verbindungen sind schmelzbar und verdampfbar, verbrennen an der Luft mit blaſsblauer Flamme und dem Geruche des verbrennenden Arseniks und Schwefels, lösen sich leicht in wäſsrigen Alkalien, und werden daraus durch Säure gefällt.

Mit Wasserstoffgas verbindet sich das Arsenik zu *Arsenikwasserstoffgas;* welches durch Auflösen des arsenikhaltigen Zinns in Salzsäure erhalten werden kann. Dieses Gas riecht widerlich, wirkt sehr giftig und verbrennt an

der Luft mit blaſsblauer Flamme unter Absatz einer braunen Haut an die Wendungen des Gefäſses. *G.*

Ascensional - Differenz.

Differentia ascensionalis; Difference ascensionelle; *Ascentional Difference;* ist der Unterschied zwischen der geraden und schiefen Aufsteigung eines Gestirnes[1] = gerade Aufsteigung — schiefe Aufsteigung. Es sey HR der Horizont, AQ der Aequator, S ein Stern, durch welchen der Abweichungskreis PSD geht. Indem dieser Stern in S aufgeht, ist zugleich O der aufgehende Punct des Aequators und DO ist die Ascensional - Differenz, da beide Aufsteigungen vom Frühlings Nachtgleichen Puncte an gezählt werden, und die gerade in D, die schiefe in O begrenzt ist. Da der Aequator mit dem Horizonte einen Winkel macht, welcher der Aequatorshöhe gleich ist, und bei D ein rechter Winkel ist, so wird die Ascensional - Differenz durch die Abweichung DS = δ des Sternes und die Aequatorshöhe $= 90^\circ - \varphi$ bestimmt, indem Sin. Ascens. Diff. = Tang. δ Tang. φ. Für ein Gestirn in der südlichen Halbkugel des Himmels ist δ negativ, und folglich, wenn φ positiv oder der Beobachtungs - Ort auf der nördlichen Halbkugel bleibt, die Ascensional - Differenz negativ, das heiſst, statt daſs in unsern Gegenden die nördlichen Gestirne mit einem Puncte des Aequators der weniger Rectascension hat, als das Gestirn, aufgehen, sehen wir hingegen mit einem südlichen Sterne zugleich einen Punct des Aequators aufgehen, dessen Rectascension gröſser als die des Sternes ist. Auf der südlichen Halbkugel der Erde findet das Gegentheil statt, weil da auch φ negativ ist.

Fig. 3.

Wenn $\delta > 90^\circ - \varphi$ ist, so würde der Sin. der Ascens. Diff. gröſser als 1, das heiſst, die Ascens. Diff. erhält dann einen unmöglichen Werth, indem der Stern dann gar nicht aufgeht, sondern immer über dem Horizonte bleibt. Eben das tritt ein für südliche Sterne, die wegen ihrer zu groſsen südlichen Abweichung nie aufgehen, und bei dem der Sin. einen gröſsern negativen Werth als — 1 zu erreichen scheint. Aus der Ascensional - Differenz wird die schiefe

1 S. die Art. *Aufsteigung, gerade, schiefe.*

Aufsteigung, die Tagebogen, die Zeit der Sichtbarkeit des Sternes oder die Tageslänge gefunden. Die *Descensional-Differenz* wird durch eben die Formel ausgedrückt, indem in der Figur eben so gut O den mit dem Sterne zugleich untergehenden Punct des Aequators bedeuten kann. Die Descensional-Differenz oder der Unterschied zwischen der geraden Absteigung und schiefen Absteigung des Sternes ist der Ascensional-Differenz völlig gleich, wenn das Gestirn nicht in der zwischen Aufgang und Untergang verfliefsenden Zeit seine Stellung gegen den Aequator ändert. *B.*

Aspecten.

Adspectus seu Configurationes planetarum; Aspects; *Aspects.* Da Sonne, Mond und Planeten in sehr verschiedenen Zeiten ihren scheinbaren Umlauf um den Himmel vollenden, so befinden sie sich zu verschiedenen Zeiten in sehr mannigfaltigen Stellungen gegen einander. Unter diesen hat man einige merkwürdigere, wo sie an einander vorbei gehen, oder sich einander gerade gegen über stehen u. s. w. mit dem Namen der Aspecten belegt. Wenn zwei Himmelskörper mit gleichförmiger Bewegung in den Zeiten T und t ihre Umläufe vollenden, so ist der Raum, den jeder in *einem* Tage durchläuft $= \frac{360^\circ}{T}$ für den einen, und $= \frac{360^\circ}{t}$ für den andern; der Raum, um welchen der letztere dem erstern voreilt, ist also in *einem* Tage $= 360^\circ \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{T}\right)$ also in x Tagen $= 360^\circ\, x \left(\frac{T-t}{Tt}\right)$. Damit nun diese Voreilung den einen wieder zu eben der Stellung gegen den andern bringe, muſs sie 360 Grade betragen, und so wird $360^\circ = 360^\circ\, x \left(\frac{T-t}{Tt}\right)$; $x = \frac{T.t}{T-t}$ die Anzahl von Tagen zwischen gleichen Stellungen gegen die Sonne geben. Jupiter z. B. läuft in 4332 Tagen, Saturn in 10759 Tagen um die Sonne, also treten von der Sonne aus gesehen gleiche Aspecten in 19 Jahren und 313 Tagen ein, und darnach lassen sich die hiervon freilich wegen der Bewegung der Erde zu etwas andrer Zeit für uns eintretenden gleichen Aspecten be-

stimmen. Von diesen Aspecten pflegt man jetzt nur noch folgende zu bemerken:

1. Die Zusammenkunft, Conjunction (*Conjunctio*, Conjonction, *Coniunction*). Man deutet sie mit dem Zeichen ☌ an. Sie findet statt, wenn zwei Himmelskörper gleiche Länge haben, oder sich beide in einem durch den Pol der Ekliptik gegen diese senkrecht gezognen Kreise befinden. Bei der Zusammenkunft der Sonne und des Mondes haben wir Neumond, und wenn der Mond sich dabei der Ekliptik sehr nahe befindet, eine Sonnenfinsternifs.

2. Der Gegenschein, Opposition; *Oppositio;* Opposition; *Opposition.* Ihr Zeichen ist ☍. Wenn zwei Gestirne eine um 180° verschiedene Länge haben, so sind sie in Opposition; sie stehen dann am Himmel einander gegen über; sie befinden sich in demselben durch beide Pole der Ekliptik gehenden gröfsten Kreise; aber der eine auf dem einen durch die Pole begrenzten Halbkreise, der andre auf dem andern. Wenn der Mond in Opposition mit der Sonne ist, so haben wir Vollmond, und wenn zugleich seine Breite geringe, oder er der Ekliptik nahe ist, eine Mondfinsternifs. Die Oppositionen der Planeten mit der Sonne beobachtet man vorzüglich deswegen, weil bei der genauen Opposition die heliocentrische Länge des Planeten mit der geocentrischen genau gleich ist, und daher durch diese Beobachtung die heliocentrische Länge gegeben wird. Wie Kepler sie benutzte, erhellt aus dem im Artikel: *Bahn* I. 3. Gesagten.

3. Der Gedrittschein, Trigonalschein (*Trinus*) wenn zwei Gestirne in Länge 120° von einander abstehen. Sein Zeichen ist △.

4. Der Geviertschein, die Quadratur, *Quadratus* la Quadrature, wenn ihre Länge um 90° verschieden ist. Ihr Zeichen ist □.

5. Sextilschein (*Sextilis.* ✱), wenn sie 60 Grade von einander in Länge entfernt sind.

Die Astrologen hatten deren noch mehrere, die man bei Kepler [1] aufgeführt findet. Für uns sind sie von keiner

[1] Harmonices mundi libb. quinque. l. IV. prop. 9.

Bedeutung mehr und aufser Conjunction und Opposition bemerken wir blofs noch die Quadratur des Mondes oder die Mondsviertel. Dafs diese Aspecten, vorzüglich die Conjunctionen, schon früh die Augen der Menschen auf sich gezogen haben, liegt in der Natur der Sache, und erhellt auch aus manchen uns überlieferten Beobachtungen. In früheren Zeiten, als die Umlaufsperioden der Planeten noch nicht genau bekannt waren, hatten die Beobachtungen ihrer Zusammenkünfte eine gröfsere wissenschaftliche Wichtigkeit als jetzt, wo wir so viele Mittel besitzen, die Stellung der Planeten genau zu bestimmen. Diese Constellationen waren es auch hauptsächlich, an welche sich der astrologische Aberglaube knüpfte, und wer die verhältnifsmäfsige Wirksamkeit der Aspecten kennen lernen will, der findet selbst bei Kepler[1] noch nähere Auskunft. Wenn man dieses liest, so glaubt man Keplern selbst nicht ganz von einer Hinneigung zum Glauben an diesen Einflufs frei sprechen zu können, obgleich zwischen den diesem Glauben günstigen Aeufserungen auch wieder andre unsern Ansichten mehr entsprechende Aeufserungen vorkommen. Er theilt dort die bei seiner eignen Geburt eingetretenen Constellationen mit und macht darüber mancherlei Bemerkungen[2]. An andern Stellen aber verwirft er die ganze Astrologie[3].

Zu diesen Aspecten, die in astrologischer Beziehung merkwürdig waren, gehören auch die *Häuser des Mondes*, das ist, die 28 Abtheilungen der Ekliptik, welche der Mond Tag für Tag bei seinem (ungefähr 28tägigen) Umlaufe durchwandert. Ueber ihre Bedeutung oder die jedem Hause eignen Vorbedeutungen ist es nicht der Mühe werth etwas zu sagen[4].

---

1 a. a. O.

2 Lib. IV. Cap. 7.

3 de nova stella in pede serpentarii. Cap. 2 und an manchen andern Orten.

4 Ein erst kürzlich der (vielleicht verdienten) Vergessenheit entrissenes Buch aus dem Alterthum über diesen Gegenstand ist: Joann. Laurentii Lydi lib. de Ostentis ed. Hase. (Paris. 1823.)

Auch in Plutarch de causis naturalibus cap. 24 und an mehrern Stellen kann man einzelne hieher gehörige Albernheiten lesen.

Von diesem Glauben an den Einfluſs der Constellationen auf irdische Erscheinungen hat sich die Meinung, daſs ein Einfluſs auf die Witterung und auf die Krankheiten des menschlichen Körpers statt finde, noch bis auf unsre Zeiten erhalten. Was den Einfluſs, namentlich der Mondsphasen, auf die Witterung betrifft, so ist darüber zwar vieles für und gegen gesagt worden; wenn man aber mit einiger Sorgfalt die an mehrern Orten angestellten Witterungsbeobachtungen vergleicht, wenn man sieht, daſs nur in ungemein seltnen Fällen das Eintreten andrer Witterung so entschieden *an einem* Tage in weit von einander entfernten Gegenden erfolgt, und daſs meistens der Uebergang von trübem zum heitern Wetter und umgekehrt, *selbst in* nicht sehr entfernten Gegenden Deutschlands am einen Orte einige Tage früher, am andern Orte *einige* Tage später merklich wird; so kann man kaum noch zweifeln, daſs der Einfluſs von Neumond, Vollmond u. s. w. sehr unbedeutend seyn muſs [1]. Auch sind die Wetterprophezeihenden selbst uneins, ob der Tag des Neumonds, oder der Tag, welcher ihm 3 Tage vorangeht oder ihm 3 Tage folgt u. s. w. der wirksamere sey. Die Zusammenkünfte und Gegenscheine andrer Planeten haben gewiſs gar keinen Einfluſs [2]. Eben so scheint auch der Einfluſs auf den menschlichen Körper, nach dem Zeugniſs vieler erfahrnen Aerzte, mit gutem Grunde geleugnet werden zu können [3].

Von dem Glauben an einen Zusammenhang zwischen der Stellung der Gestirne und den Schicksalen der Menschen oder den groſsen Weltbegebenheiten, meinten wir vor kurzem ganz zurückgekommen zu seyn; aber seit Pfaff in Erlangen die wichtige Entdeckung bekannt gemacht hat, daſs Napoleons Tod (am 5. Mai 1821) mit der in eben dem Jahre

---

1 Brandes Beiträge zur Witterungskunde. S. 281.

2 Ellingers Beiträge über den Einfluſs der Himmelskörper auf unsre Atmosphäre (München 1814) beweisen keineswegs einen solchen Einfluſs, und Haberle's ganz unbegründete Wetterprophezeihungen aus den Constellationen sind längst in Vergessenheit gerathen.

3 Die Gründe für diese Behauptung und die hieher gehörigen Schriften theilt Klose mit. Klose's allgemeine Aetiologie der Krankheiten des menschlichen Geschlechts. Leipzig 1822, S. 212.

im Juni und im November und December eingetretenen *grossen Conjunction* (denn so nannten die alten Astrologen die Zusammenkunft des Jupiter und Saturn,) zusammen getroffen sey [1], müfsten wir bekennen, dafs es auch im neunzehnten Jahrhundert noch Astrologischen Aberglauben giebt. Indefs scheint doch weder die hiervon handelnde Schrift noch die „„Astrologie"" eben des Verfassers viel Beifall gefunden zu haben. *B.*

Astrognosie.

Sternkenntnifs; *Astrognosia;* Astrognosie (Von *ἀστὴρ*, Stern und *γνῶσις* Kenntnifs); ist die Kenntnifs der Sternbilder und der einzelnen Sterne nach den ihnen beigelegten Namen. Wenn man einige Fixsterne kennt, so ist es nicht schwer, mit Hülfe guter Sterncharten, unter denen Bode's kleinere Charten die aller bequemsten sind, sich eine vollständige Kenntnifs der Gestirne zu erwerben. Sterncharten dienen hierzu besser als Himmelskugeln, da man sich bei diesen immer gewöhnen mufs, das was man auf der Himmelskugel von aufsen her sieht, so am Himmel aufzusuchen, wie es aus dem Innern der Kugel gesehen, erscheinen würde. Als vorzügliche Anleitung zu Erwerbung der Sternkenntnifs ist seit vielen Jahren anerkannt: Bode's Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels, wovon die neunte Ausgabe im Jahr 1822 erschienen ist. Weniger passend zu diesem Zwecke, obgleich sonst gleichfalls recht lehrreich ist der von Bode selbst herausgegebne Auszug: Betrachtung der Gestirne und des Weltgebäudes. 2te Auflage 1823. Auch Westphals Astrognosie (Berlin bei Reimer) ist ein empfehlenswürdiges Buch. Die vorzüglichsten Sterncharten werden in dem Art. *Sterncharten* angeführt werden. *B.*

Astrologie.

Astrologia oder *Astrologia judiciaria sive genethliaca;* Astrologie; *Astrology.* Mit diesem Namen, der

---

[1] J. W. Pfaff über Planeten-Conjunction und den Stern der drei Weisen. Bamberg. 1821.

eher die Sternwissenschaft anzudeuten bestimmt scheint, hat man seit langer Zeit die Sterndeutekunst oder die Kunst, die Schicksale der Menschen aus den Sternen zu prophezeihen, belegt. Den Ursprung dieser trügerischen Lehren braucht man wohl nicht, wie BAILLY glaubt[1] in der Beobachtung, daſs die Gestirne auf die Witterung Einfluſs haben, zu suchen, sondern weit mehr in dem, dem Menschen so sehr eigenthümlichen, Hange, das was sein Leben und seine Schicksale betrifft, als an das groſse Ganze angeknüpft zu betrachten, und in dem Wunsche, den Schleier zu heben, der uns die Zukunft verbirgt. Aber so natürlich es im Allgemeinen scheint, daſs man auch die irdischen Begebenheiten als zur vorherbestimmten Zeit geschehend ansehen mochte und sie sofern mit dem sichern und bestimmten Laufe der Himmelskörper in Verbindung setzte, so unbegreiflich bleibt es doch, wie man wähnen konnte, daſs menschliche Klugheit diesen Zusammenhang enträthseln könne; und man muſs wohl einräumen, daſs die Astrologen selbst mehr durch Eigennutz als durch Ueberzeugung bei der Ausübung ihrer Kunst geleitet wurden, wiewohl auch manche durch Gewöhnung oder durch Vertrauen auf ihre Lehrer selbst zum Glauben an die Wahrheit ihrer Vorhersagungen gekommen seyn mögen.

Daſs diese Kunst aus dem höchsten Alterthume herstammt, ist bekannt, und daſs dem Unwesen der Astrologie schon bei den Römern durch Gesetze Grenzen gesetzt werden muſsten, ist gleichfalls bekannt. Einige Schriften, die man (ungewiſs ob mit Recht) dem PTOLEMAEUS zuschreibt, sind astrologisch[2]. Bei den Arabern und im Mittelalter wurde die Astrologie mit groſsem Eifer getrieben, und erst gegen das Ende des funfzehnten Jahrhunderts scheint JOHANNES PICO Graf von MIRANDULA der erste gewesen zu seyn, welcher die Astrologie mit Gründen bekämpfte[3]. Dennoch dauerte der Glaube an die Astrologie sehr lebhaft fort, und

---

1 Geschichte der Sternkunde des Alterthums I. 310.

2 Ptolemaei liber quadripartitus, i. e. de futuris contingentibus, cum Centiloquio ejusd. Venet. 1484.

3 Joh. Pici Mirandulae Comitis libri XIV contra astrologiam.

es ist bekannt, daſs selbst im siebzehnten Jahrhundert noch Nativität gestellt wurde, daſs man selbst den natürlichen Lauf der Sterne als in Verbindung stehend mit den Welt-Ereignissen und den Schicksalen einzelner Menschen ansah, und ungewöhnliche Erscheinungen, besonders Kometen, als besondere Zeichen bevorstehenden Unglückes und als Verkündiger des göttlichen Zornes ansah. Daſs selbst Kepler, obgleich er sagt, die Astrologie habe multum vanitatis et majori ex parte indigna est, in qua bonae horae collocentur[1], dennoch sich nicht ganz von ihr losreiſsen konnte, sieht man aus dem vierten Buche der Harmonice mundi, wo er wenigstens einen gewissen allgemeinen Zusammenhang der Constellationen und der geistigen und körperlichen Beschaffenheit der unter solchen Constellationen Gebornen zugesteht, wenn er gleich dabei so viele Beschränkungen macht, daſs man mit den sehr bestimmten Vorhersagungen ziemlich ins Gedränge zu kommen scheint.

Wie hoch geehrt die Astrologen in frühern Zeiten waren, davon erzählt von Zach ein Beispiel[2]; aber zugleich erzählt er auch, wie die Verständigern schon im 16ten Jahrhundert den berühmten Wahrsager Nostradamus verspotteten, während der französische Hof ihn mit den gröſsten Ehrenbezeugungen überhäufte. In den folgenden Zeiten schien die Astrologie gänzlich verschwunden zu seyn. Das freie Aufstreben der gesunden Vernunft, und die immer weiter verbreiteten reineren Religionsbegriffe schienen den Sieg über Aberglauben und Irrthum errungen zu haben, und ihr heilbringendes Licht immer mehr durch alle Volksclassen zu verbreiten. Aber so wie fast nie ein Fortschreiten zum Besseren ganz ununterbrochen fortgeht, so scheint es auch hier der Fall zu seyn. Während noch immer der gröſsere Theil unsrer Nation mit rühmlichem Eifer sich bestrebt, Wahrheit zu verbreiten, Aberglauben und Irrthum zu bekämpfen, und durch einen weisen und freien Gebrauch der Vernunft, Tugend und Religion wahrhaft zu begründen, fängt eine Classe von Mystikern an, der Vernunft ihren

---

1 Kepler de nova stella in pede serpentarii. Cap. 2.

2 Correspondance astronomique Vol. III, p. 547.

Werth und ihre Würde abzusprechen und dadurch — während sie wohl *glauben mögen*, der wahren Gottesverehrung zu dienen, — dem Aberglauben wieder Zugang zu *gestatten*. Welchen Einflufs diese *mystische* Secte auch in Beziehung auf unsern Gegenstand hat, kann man *in* Schuberts Kosmologie sehen, und wenn J. W. Pfaffs astrologische Schriften[1] mehr Eingang finden sollten, als es bisher der Fall gewesen ist, so dürfen wir es sicher jener Verachtung der uns von Gott geschenkten Vernunft, zur Last legen.

Doch diese Recidive einer alten, fast ganz gehobnen, Krankheit werden allmählig auch wieder geheilt werden.

B.

Astronomie.

Sternkunde, Himmelskunde; *Astronomia*; Astronomie; *Astronomy*; (Von ἀστήρ Stern, und νόμος, Gesetz, weil sie die Regeln *angiebt*, nach welchen sich die Gestirne bewegen) ist der Inbegriff aller der Kenntnisse, die wir von den Weltkörpern *und* ihren scheinbaren und wahren Bewegungen besitzen und erlangen können. Sie *soll* uns also *theils lehren*, wie man aus den beobachteten und scheinbaren Bewegungen der Gestirne ihre wahren Bewegungen, ihre wahren Entfernungen u. s. w. *herleiten* kann, theils soll sie uns mit dem *bekannt* machen, was man von der natürlichen Beschaffenheit der Himmelskörper entdeckt hat. Der erstere Gegenstand der *allerdings* der *wichtigste* ist, und wegen der *unabänderlichen* Gesetze, welchen die himmlischen Bewegungen unterworfen sind, mit so grofser Vollkommenheit und Genauigkeit erforscht werden konnte, ist es *vorzüglich* auf den die astronomischen Forschungen von jeher *gerichtet* gewesen sind. Man pflegt die dahin gehörigen Lehren der Astronomie in drei Abtheilungen zu bringen:

1. Die *sphärische Astronomie*, (*astronomia sphaerica*) welche die Erscheinungen, so wie sie sich an der Himmelskugel darstellen, betrachtet, die Lage oder Stellung der Gestirne gegen die Kreise, worauf man sie am bequemsten bezieht, kennen lehrt u. s. w.

---

1 J. W. Pfaffs Astrologie Bamberg 1816. und J. W. Pfaff über Planeten-Conjunction und den Stern der drei Weisen. Bamberg 1821.

2. Die *theorische Astronomie*, (*astronomia theorica*) welche aus der Beobachtung die wahren Bahnen der Himmelskörper zu bestimmen, und also zu entscheiden sucht, ob die Unregelmäſsigkeiten, die wir in dem scheinbaren Laufe der Planeten bemerken, nicht vielleicht bloſs daher entstehen, weil wir sie aus einem ungünstigen Standpuncte sehen oder vielleicht gar selbst unsern Standpunct ändern.

3. Die *physische Astronomie*, (*astronomia physica*) welche die Naturgesetze angiebt, nach denen die Bewegungen erfolgen, und diese selbst daraus nach den Regeln der Mechanik berechnen lehrt. Zu der physischen Astronomie muſs man dann auch noch die Kenntniſs dessen rechnen, was wir über die natürliche Beschaffenheit entfernter Weltkörper beobachten können. — In diesen drei Abtheilungen ist das ganze System der Astronomie enthalten; aber um selbst das Gebiet dieser Wissenschaft zu erweitern, muſs man auſserdem noch sich die Kunst zu beobachten erwerben, und in der Ausführung der vielen und weitläuftigen Rechnungen, welche die Astronomie fordert, eine Fertigkeit besitzen. Die beiden letztern Gegenstände, welche in der *beobachtenden Astronomie* (*astronomia observatoria*) und der *rechnenden Astronomie* (*astronomia calculatoria*) vorgetragen werden, machen den praktischen Theil der Astronomie aus.

Obgleich eine eigentliche Geschichte der Astronomie hier unmöglich Platz finden kann, so müssen dennoch einige Hauptzüge derselben hier mitgetheilt werden. Die ältesten astronomischen Beobachtungen, die man zu besitzen glaubt, sind chinesische; nämlich eine Conjunction von 5 Planeten, die[1] nach den von Montucla angegebenen Berechnungen 2460 Jahr vor unsrer Zeitrechnung soll statt gefunden haben, (nämlich eine sehr nahe Zusammenkunft des Saturn, Jupiter, Mars, Mercur, Mond), und eine Sonnenfinsterniſs 2155 vor Chr. — Ob diese Angaben zuverlässig sind, läſst sich bei der Ungewiſsheit, welche überhaupt in Beziehung auf die Angaben der Jesuiten über die *Chinesen* herrscht, nicht ent-

1 Montucla Histoire des mathem. (à Paris. an VII.) I. 455.

scheiden. Auch die *Chaldäer* rühmten sich, schon seit 1900 Jahren vor Alexander, Beobachtungen zu besitzen [1]; aber da Ptolemaeus keine frühern als die Mondfinsternisse aus den Jahren 719 und 720 vor Christo anführt, so läfst sich von den frühern Beobachtungen wohl nicht viel Sicheres behaupten.

Die Beobachtungen der *Aegyptier*, von denen einige alte Schriftsteller erzählen [2], mufs Ptolemäus wohl nicht sehr brauchbar gefunden haben, indem er sie nicht erwähnt, und die so sehr gerühmte [3] Genauigkeit, die in der Orientirung der Pyramiden angeblich statt finden sollte, ist durch neuere Beobachtungen widerlegt worden [4]. Es ist zwar gewifs, dafs die Aegyptier sehr früh Beobachtungen angestellt haben, aber vermuthlich doch zu unvollkommen, um grofsen Werth darauf zu setzen.

Was Bailly, mit grofser Vorliebe für seine Hypothese, von einem sehr wissenschaftlich gebildeten Volke im mittlern Asien angab [5], dessen astronomische Kenntnisse einen hohen Grad von Vollkommenheit sollten besessen haben, ist durch sehr unsichere Angaben begründet, und auch was wir über die Astronomie der Indier wissen, ist höchst ungenügend.

Die Geschichte unsrer Astronomie, der allmähligen Fortschritte, durch welche das System unsrer jetzigen Kenntnisse entstanden ist, fängt erst bei den Griechen an. Unter ihnen ist Thales (geb. 640 vor Chr.) der erste, der seine in Aegypten erworbenen Kenntnisse dadurch zeigte, dafs er eine Sonnenfinsternifs voraussagte [6]. Dafs man ihm die Messung der ägyptischen Pyramiden vermittelst des Schattens als eine merkwürdige Entdeckung nachrühmt, zeigt, dafs die damaligen mathematischen Kenntnisse ziemlich beschränkt waren. Dem Pythagoras (geb. 540 vor Chr.) schrieben einige Nachrichten schon sehr richtige Kenntnisse zu, die indefs mit dunklen Philosophemen vermischt

1 Montucla I. 54.

2 Seneca quaest. naturales VII. 5.

3 Montucla I. 63.

4 von Zach Correspondance astron. I. 321.

5 Bailly histoire de l'astronomie ancienne.

6 Die Quellen dieser Nachrichten findet man bei Montucla angegeben, auf den ich hier meistens nur verweisen werde. Montucla I. 106.

waren [1]. METON und EUKTEMON setzten, um das Mondenjahr mit dem Laufe der Sonne einstimmig zu erhalten, die auf die 19jährige Periode gegründete Einschaltung fest, nach welcher in 19 Jahren 12 aus 12 Mondwechseln und und 7 aus 13 Mondwechseln bestehend sich befanden. Diese Anordnung ward im Jahr 433 vor unsrer Zeitrechnung eingeführt. Eine hierbei nöthige Verbesserung, um zu hindern, dafs der Anfang des Mondenjahres sich nicht von dem Zusammentreffen mit demselben Orte der Sonne entferne, gab KALIPPUS (im J. 331) an [2]. — In diesem Zeitraume suchten mehrere Astronomen, unter andern Pytheas die Schiefe der Ekliptik zu bestimmen; u. s. w.

Erst zur Zeit der Ptolemäer machte die Astronomie bedeutendere Fortschritte. ARISTILL und TIMOCHARIS scheinen zuerst ein etwas vollständigeres Verzeichnifs der Fixsterne nach Länge und Breite gemacht, und brauchbare Planetenbeobachtungen angestellt zu haben [3], ums J. 290. Aber vorzüglich bereicherte ARISTARCH die Astronomie mit neuen Entdeckungen. Nach Archimedes Erzählung lehrte er nicht blofs die Bewegung der Erde [4], sondern widerlegte auch den Einwurf, dafs man vermöge dieser Bewegung Aenderungen in der scheinbaren Stellung der Fixsterne wahrnehmen müsse, durch die richtige Bemerkung, dafs die Bahn der Erde sehr klein in Vergleichung gegen die Entfernung der Fixsterne sey. [5] ERATOSTHENES [6] machte sich

1 Was Plutarch de plac. philos. II. 20. den Pythagoräer Philolaus sagen läfst, giebt eben kein sehr günstiges Zeugnifs hiefür. — Auch III. 11. scheint eine sehr verkehrte Meinung III. 13. eine einigermafsen richtige anzudeuten. Plutarch selbst mochte indefs nicht genug des Gegenstandes kundig seyn. Aber auch Aristoteles de coelo giebt keine Beweise für ihre richtigen Kenntnisse.

2 Montucla. I. 156.

3 Mont. I. 217.

4 Montucla I. 218. Plutarch de plac. philos. II. 24. führt es nur gelegentl. an, so dafs man sieht, wie wenig er die Wichtigkeit einsah. Da wo er eigentlich davon hätte reden sollen Cap. 15. 16. oder Lib. III. Cap. 13. erwähnt er den Aristarch gar nicht.

5 Die wichtige Stelle im Anfange des Arenarius von Archimedes sagt genau das was hier angeführt ist, und zeigt deutlich, dafs Aristarch diese richtige Ansicht wirklich hatte.

6 Mont. I. 239.

durch ein richtig angeordnetes Bestreben, die Gröfse der Erde zu bestimmen, berühmt. Hipparch (der von 160 bis 125 beobachtete,) [1] übertraf im Beobachten bei weitem seine Vorgänger; er bestimmte nicht blofs die Länge des Sonnenjahres genauer, sondern machte auch richtige Bestimmungen über die Ungleichförmigkeit der scheinbaren Bewegung der Sonne, und gab diesen gemäfs die Excentricität der Sonnenbahn an. Er lehrte die Bewegung des Mondes genauer kennen. Seine Bestimmung des Ortes der Fixsterne lehrte ihn, durch Vergleichung mit den (etwa anderthalb Jahrhunderte früher angestellten) ältern Beobachtungen, das Rückgehen der Nachtgleichen kennen, u. s. w.

Nach Hipparch hat sich bis auf Ptolemaeus [2], (dessen wichtigste Thätigkeit vom Jahre 125 nach Christo an gerechnet wird,) niemand so sehr ausgezeichnet, dafs er hier erwähnt zu werden brauchte. Von Ptolemaeus besitzen wir bekanntlich ein vollständiges System der Astronomie. Seine Beobachtungen, die ihm zur Verfertigung des noch jetzt vorhandenen Fixsternverzeichnisses führten, bestätigten Hipparchs Entdeckung vom Rückgehen der Nachtgleichen. Seine mit grofsem geometrischen Scharfsinne durchgeführte Erklärung der scheinbaren Bewegung der Sonne und der Planeten haben ihm, (obgleich sie unrichtig war) mit Recht einen grofsen Ruhm erworben, und seine *μεγάλη σύνταξις*, später unter dem Namen *Almagest* bekannt, hat Jahrhunderte hindurch als Hauptlehrbuch der Astronomie gegolten.

Nach ihm trat ein so gänzlicher Stillstand in den astronomischen Forschungen ein, dafs erst die *Araber* [3] unter Almamun (812 bis 833,) uns etwas bemerkenswerthes, nämlich Beobachtungen der Schiefe der Ekliptik, und eine Bestimmung der Gröfse der Erde durch Messung, darbieten. Alferganus, Thebit (starb 901), Albategnius (ums J. 880), Ibn-Junis (ums J. 1000), Alhazen, Almansor sind einige der berühmtesten arabischen Astronomen. Albategnius [4] zeichnete sich durch mehrere genauere Bestim-

1 Mont. I. 258.
2 Mont. I. 293.
3 Montucla. I. 358.
4 Montucla. I. 362.

nungen der von Ptolemaeus angegebenen Abmessungen aus, dessen System er übrigens beibehielt; Ibn-Junis ist durch eigne Beobachtungen und astronomische Tafeln berühmt. — Grofse Erweiterungen verdankt die Astronomie den Arabern nicht, da sie fast ganz dem Ptolemaeus folgten, und sich zu viel mit Astrologie beschäftigten; aber dennoch haben sie der Wissenschaft, theils durch schätzenswerthe Beobachtungen, theils durch Erhaltung der alten Mathematiker, die wir zum Theil ihren Uebersetzungen verdanken, sehr gedient. Einige Jahrhunderte später, als die Astronomie in den Morgenländern unter Dschingis-Chans Nachfolgern blühte, machten sich mehrere Astronomen, besonders Nasir-Eddin (um 1250) und die Astronomen des Ulugh Beigh [1] (um 1430) durch ihre astronomischen Tafeln berühmt.

In Europa waren die Alphonsinischen Tafeln (1252) [2] die erste bedeutende Arbeit der neueren Zeit, die freilich noch meistens durch Ausländer zu Stande gebracht ward. Was aufserdem für die Astronomie in dieser Zeit geschah, ist unbedeutend. Erst um die Mitte des 15ten Jahrhunderts fängt mit Purbach und Regiomontanus (Joh. Müller aus Königsberg in Franken) eine Reihe thätigerer Astronomen an, welche die Wissenschaft wirklich weiter brachten. Regiomontanus machte sich theils durch Uebersetzung der griechischen Astronomen, theils durch eigne Beobachtungen und die für 30 Jahre (1475 bis 1505) berechneten Ephemeriden berühmt. Aber viel merkwürdiger in der Geschichte der Astronomie ist Copernicus (geb. 1473, gest. 1543), der, was man auch immer von den Kenntnissen der Alten in Beziehung auf die Bewegung der Erde sagen mag, doch ganz unstreitig sich den Ruhm erwarb, die Lehre von der Bewegung der Erde durch klare Gründe zu beweisen. Hätten die Pythagoräer [3] die Erscheinungen der Planeten, ihre Rückgänge u. s. w., so wie Copernicus wirklich aus der Be-

---

1 Mont. I. 391.

2 Auf des Königes Alphons X. von Castilien Befehl und Kosten berechnet. Mont. I. 510.

3 Deren Ansichten nach dem, was sich in Aristoteles de coelo II. 13. findet, höchst verwirrt erscheinen.

wegung der Erde erklärt, so würden ihre Ansichten gewiſs nicht so ganz unberücksichtiget von ihren, unstreitig recht tief forschenden Nachfolgern, namentlich auch von Ptolemaeus, geblieben seyn. Aber wenn man, wie aus Aristoteles de coelo lib. II. cap. 13. in Beziehung auf die Pythagoräer zu ersehen ist, darin, daſs die Erde sich um das Feuer bewege, die Ursache des Wechsels von Tag und Nacht finden will, wenn man mit dieser Meinung die Annahme einer Gegenerde verband u. s. w.; so muſste freilich selbst ein einsichtsvoller Mann das Wahre unter dem Gewebe gehaltloser Hypothesen aus den Augen verlieren. Aristarch scheint freilich nachher bestimmter über die Bewegung der Erde gesprochen zu haben; aber daſs er die Erscheinungen der Planeten aus der Bewegung der Erde erklärt und den eigentlichen Vorzug seiner Hypothese vor den übrigen gezeigt habe, ist wenigstens nicht bekannt. Auch Copernicus Belehrung fand indeſs nicht sogleich allgemeinen Eingang, sondern während Rhaeticus u. a. seine Meinung vertheidigten, setzten selbst groſse Mathematiker und Astronomen dieser Meinung Gründe entgegen, unter denen unstreitig der, daſs man keine Parallaxe der Fixsterne bemerke, die doch vermöge der jährlichen Bewegung der Erde statt finden müsse, einer der stärksten war. Tycho (geb. 1546, gest. 1601) gehörte zu diesen Gegnern; aber er erwarb sich durch seine mit groſsem Fleiſse, und mit einer alles frühere übertreffenden Genauigkeit angestellten, zahlreichen Beobachtungen, durch die darauf und auf ältere Beobachtungen gegründeten Bemühungen, die Abmessungen der Bahnen der Himmelskörper genauer kennen zu lernen, einen verdienten Ruhm. Seinen Beobachtungen verdankte es Kepler (geb. 1571, gest. 1631), daſs er die groſsen Entdeckungen über die Gesetze des Laufes der Himmelskörper, wozu sein seltner Scharfsinn ihm den Weg zeigte, vollenden konnte, indem die Genauigkeit der Tychonischen Beobachtungen nicht mehr erlaubte, die bis dahin für unbedeutend gehaltenen Abweichungen der vorausberechneten Orte von den wahren, unberücksichtigt zu lassen. Kepler fand die wahren Bahnen der Planeten und die Hauptgesetze, nach welchen sie in diesen Bahnen fortgehen. Um eben

die Zeit brachte Galilaei (geb. 1564, gest. 1642) eine andere Vorbereitung für tiefere Untersuchungen wichtige Arbeit zu Stande, indem er die Gesetze des Falles der Körper bestimmte.

Die um diese Zeit erfundenen Fernröhre setzten Galilaei in Stand, die verschiedenen Phasen des Mercur und der Venus, die Monde des Jupiter u. s. w. zu entdecken; aber er mufste die auf diese Entdeckungen gegründete Ueberzeugung von der Bewegung der Erde schwer büfsen. Die papistische Kirche, welche nicht erlaubte die erkannte Wahrheit zu bekennen, und bei der es ein Grundgesetz ist, dafs man nicht die Wahrheit, sondern das, was die Kirche befiehlt, lehren soll, zwang ihn die ketzerische Lehre von der Bewegung der Erde abzuschwören. — Doch dieser ohnmächtige Versuch, der bessern Einsicht in den Weg zu treten, hatte in einem Zeitalter, das die Ohnmacht des päbstlichen Bannfluchs schon kennen gelernt hatte, auf den gröfsern Theil von Europa keinen Einflufs mehr.

Das 17te Jahrhundert besafs viele recht fleifsige Beobachter, unter denen Hevel vorzüglich und auch Cassini genannt zu werden verdienen. Huygens, der durch die Anwendung des Pendels den Uhren eine viel gröfsere Genauigkeit gab, und durch viele und tiefsinnige theoretische Untersuchungen, die auf die Astronomie Bezug habenden Lehren der Mechanik vervollkommnete, verdient in diesem Zeitraume vorzüglich genannt zu werden, obgleich er neben Newton, der sich mit eben den Lehren der Mechanik gleichzeitig beschäftigte, und seine Forschungen viel weiter ausdehnte, nur als vom zweiten Range erscheint. Newton (geb. 1642, gest. 1727) entdeckte die Gesetze, von welchen alle Bewegungen der Himmelskörper abhängen, und seine Principia legten den Grund zu der vollendeten Kenntnifs des Laufes der Himmelskörper [1], deren sich unser Zeitalter erfreut. Nicht blofs die mechanischen Gründe der von Kepler nur aus Beobachtungen entdeckten Gesetze entwickelte er aufs vollständigste, sondern durch seine Theorie der gegenseitigen Anziehung oder Gravitation aller Kör-

1 S. *Anziehung.*

per war die Kenntniſs der Störungen, die dadurch in der elliptischen Bewegung hervorgebracht werden, begründet. Er gab zuerst die rechten Mittel an, um Kometenbahnen zu berechnen, und Halley berechnete darnach eine groſse Zahl von Kometen; die Gestalt der Erde, die Ursache der Ebbe und Fluth ward von ihm bestimmt u. s. w. Den folgenden Zeiten war nur die weitere Ausführung dessen, was er begründet hatte, übrig, und mehrere groſse Mathematiker haben sich hierum verdient gemacht. Am vollendetsten ist alles, was sich aus dem Grundgesetze der *Gravitation* herleiten läſst, von Laplace in seiner *mécanique céleste* (1799) entwickelt. Dieses wichtige Werk schien alles erschöpft zu haben, was sich über den Lauf der Himmelskörper, ihre Gestalt, über die Ebbe und Fluth u. s. w. sagen lieſs, und dennoch gelang es kurz nachher Gauss, noch so wichtige Verbesserungen in der Bestimmung der Planetenbahnen zu entdecken, daſs seine *theoria motus corporum coelestium* jenem Werke an die Seite gesetzt zu werden verdiente. Was Olbers schon früher (1796) für die Berechnung der Kometenbahnen geleistet hat, die Verdienste von Bessel, Encke u. a. um diesen Gegenstand, kann hier nicht erwähnt werden.

Während so die Theorie und die rechnende Astronomie einen immer gröſsern Grad von Vollkommenheit erhielt, machten die beobachtenden Astronomen die glücklichsten Entdeckungen, und wenn gleich hier der Raum nicht erlaubt, auch nur die mit Recht berühmten Namen alle zu nennen, so muſs ich doch einige der vorzüglich thätigen Beobachter und ihre Entdeckungen erwähnen. Flamstead und noch mehr Bradley zeichnete sich durch eine Reihe sorgfältiger Beobachtungen aus. Mit welcher Umsicht besonders der letztere das ganze Feld der beobachtenden Astronomie umfaſste, und welche sichern Resultate seine Beobachtungen darbieten, hat Bessel vollständig gezeigt[1]. Tobias Mayer Lalande, von Zach, Maskelyne, Bessel gehören gleichfalls zu denen, die sich sehr um die beobachtende Astronomie verdient gemacht haben, und theils noch verdient ma-

---

1 Fundamenta astronomiae a Bradleyo posita.

chen. W. Herschels Entdeckung des Planeten Uranus und seiner Monde, (1781) die Untersuchungen desselben über den Bau des Himmels; Schröters Bemühungen, uns mit der Oberfläche des Mondes genauer bekannt zu machen, Piazzi's Entdeckung der Ceres (1801), Olbers Entdeckung der Pallas (1803) und Vesta (1807), Hardings Entdeckung der Juno (1804) sind bekannt genug. Dafs wir durch Halley, Olbers und Encke die Umlaufszeiten dreier Kometen genau kennen; dafs mehrere Gradmessungen uns die Gestalt der Erde genau kennen gelehrt haben; welche Vervollkommnung der Instrumente wir den neuern Künstlern verdanken und so vieles andre verdiente hier erwähnt zu werden; aber der Raum erlaubt nicht, länger hierbei zu verweilen und die zahlreichen berühmten Namen zu nennen, die noch jetzt thätig sind, um den reichen Schatz, den unsre Vorfahren uns hinterlassen haben, mit dem unermüdetsten Fleifse zu vermehren.

Es ist wohl nicht nöthig, über den Nutzen der Astronomie, der gewifs allgemein anerkannt ist, etwas zu sagen. Und eben so wenig achte ich es der Mühe werth zu zeigen, welche würdige, den Geist erhebende und stärkende Beschäftigung sie darbietet; denn wer dafür einen Beweis bedarf, der verdient nicht, dafs man seine Mühe an ihm verschwende.

Die neuere Zeit ist so reich an Lehrbüchern der Astronomie, dafs es nicht möglich ist, auch nur die besseren alle anzuführen; ich begnüge mich daher, für jede Classe von Lesern einige der besten anzuführen. Für den, der sich mit allen Vorbereitungskenntnissen ausgerüstet hat, ist Schuberts theoretische Astronomie 3 Theile (Petersb. 1798.) und die als neues Werk erschienene neue Auflage Traité d'Astronomie par Schubert. 3 Vol. Petersb. 1822 vorzüglich zu empfehlen. Auch Littrow's theoretische und practische Astronomie. (Wien 1821.) 2 Theile handelt alle Theile der Astronomie sehr vollständig ab, fordert aber, theils weil der Verf. viele Vorkenntnisse voraussetzt, und oft sehr kurz die Lehren der Astronomie abhandelt, theils wegen der zahlreichen Druckfehler sehr geübte und vorsichtige Leser.

Für einen minder vorbereiteten Leser sind Bohnenbergers Astronomie (Tübingen 1811) und Piazzi's Lehrbuch der Astronomie, aus dem italienischen übersetzt von Westphal 2 Theile (Berlin 1822) zu empfehlen. Das erstere trägt mit einer vollkommenen Gründlichkeit und ohne Voraussetzung von Kenntnissen die über die sphärische Trigonometrie hinausgehen, selbst die schwierigern Lehren der Astronomie vor; das andre giebt eine mit Beispielen erläuterte Anleitung zu den wichtigsten der gewöhnlich vorkommenden Rechnungen, und wird dem mit guten elementaren Vorkenntnissen ausgerüsteten Dilettanten, der etwa eigne Beobachtungen anstellt und sie berechnen will, von Nutzen seyn.

Wer sich, bloſs mit den leichtesten Sätzen der Geometrie und Trigonometrie bekannt, eine möglichst begründete Kenntniſs von den Lehren der Astronomie erwerben will, findet in Bode's Erläuterungen der Sternkunde (3 Aufl. Berlin 1809) und in Schuberts populärer Astronomie, 3 Theile (Petersb. 1804), vorzüglich in dem letztern Buche *seine* Wünsche befriediget. Für Leser, die ohne mathematische Vorkenntnisse sich eine vollständige Uebersicht von dem, was sich ihnen in einer möglichst begründeten Darstellung von den Erscheinungen des Himmels und den Bewegungen der Weltkörper vortragen läſst, unterrichten wollen, ist es mir wohl erlaubt, neben Fries populären Vorlesungen über die Astronomie, auch mein eignes Buch: Die vornehmsten Lehren der Astronomie, dargestellt in Briefen an eine Freundin, (Leipzig 1816) 2 Theile zu empfehlen. Dieses Buch enthält zugleich im 3 und 4 Theile eine vollständige Erzählung und Beurtheilung dessen, was man durch Beobachtungen von der natürlichen Beschaffenheit andrer Weltkörper weiſs oder zu wissen glaubt.

Von den Lehrbüchern, welche bei andern Nationen mit vorzüglichem Beifall aufgenommen sind, verdienen folgende erwähnt zu werden:

Astronomie par Lalande. Traité complet d'Astronomie par Delambre. Par. 1814. III. Tom. 4.

und als populäres Buch:

Biot traité d'astronomie physique Par. 1810. III. vol. 8.

Exposition de Systême du Monde. par La Place 5. ed. Par. 1824.

WOODHOUSE elementary Treatise on Astronomie. 2 Vol. 8. Lond. 1823. (ein Buch, das aber mehr als Elementarkenntnisse voraussetzt) und als populäres Buch das oft aufgelegte und auch deutsch bearbeitete Werk:

FERGUSONS Lectures on Astronomy, edited by Brewster. 2 Vol. Elementi d'Astronomia, con le applicazioni della Geografia, Nautica, Gnomonica e Cronologia di Giov. SANTINI. (Padova 1819.)

Für die rechnende Astronomie findet man viele das Einzelne betreffende Anleitungen in den Tafeln, welche die Bewegungen der Himmelskörper angeben. Ebenso wichtige einzelne Bemerkungen findet man auch in den Sammlungen von Beobachtungen; vorzüglich zeichnen BESSELS Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte, die vom Jahre 1813 an heraus gekommen sind, sich durch ganz vortreffliche Belehrungen, deren viele auch den Gebrauch der Instrumente betreffen und als höchst schätzbare Anleitungen zur beobachtenden Astronomie anzusehen sind, aus.

Die Geschichte der Astronomie ist in folgenden Werken abgehandelt:

MONTUCLA histoire des mathematiques 4 Vol.

DELAMBRE histoire de l'Astronomie ancienne. Par 1817. II. Vol. 4. Delambre histoire de l'Astronomie du moyen age. Par. 1819. I. Vol. 4. Delambre histoire de l'Astronomie moderne. Par. 1821. II. Vol. 4.

LALANDE bibliographie astronomique.

Astronomische Zeitschriften besitzen wir folgende: von ZACHS monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde. 28 Bände.

Astronomische Zeitschrift von VON LINDENAU und VON BOHNENBERGER. 6 Bände.

Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique du Boron de ZACH. Des Jahrgangs 1824 erste Hälfte ist der 10te Band — wird fortgesetzt.

Astronomische Nachrichten herausgegeben von SCHUMACHER. 2 Bände — wird fortgesetzt. *B.*

Athmen.

Respiration; *respiratio;* respiration; *respiration.* Derjenige Act, vermittelst dessen die Thiere ihr Blut mit der atmosphärischen Luft (dieselbe besitze Gasform oder sey im Wasser im absorbirten Zustande enthalten) in Berührung bringen.

Der Apparat, worin diese Annäherung zwischen Luft und Blut erfolgt, ist bei den drei höhern Thierclassen die Lunge, bei den Fischen die Kiemen, bei den Insecten und Würmern, soweit er bei letztern vorkommt, besteht er bald in Kiemen, bald in Luftröhren.

Athmen des Menschen und der übrigen Säugethiere.

Der Mensch bewirkt das Eindringen der Luft in seine Brusthöhle, das Einathmen oder die Inspiration durch die Anstrengung der Rippenmuskeln und des Zwergfells. Durch die Zusammenziehung der ersteren werden die Rippen an der Seite in die Höhe gezogen, und da sie schräg von hinten nach der Seite zu herablaufen, so wird hierdurch die Brusthöhle erweitert. Das Zwergfell, welches die Brusthöhle nach unten zu schliefst und im Zustande seiner Erschlaffung durch die Bauchmuskeln in die Höhe gedrückt wird, bildet bei seiner Anspannung eine geradere Fläche, drückt den Inhalt des Unterleibes etwas herab, womit Hervortreibung des letzteren und Erweiterung der Brusthöhle verbunden ist. Hören die Rippenmuskeln und das Zwergfell auf, sich zusammenzuziehen, so werden die Rippen wieder sinken, und das Zwergfell durch die Wirkung der Bauchmuskeln in die Höhe gedrückt werden, und hierdurch wird die Brusthöhle verengert, und ein Theil der darin angesammelten Luft durch die Luftröhre ausgestofsen werden; kurz es wird das Ausathmen oder die Exspiration eintreten.

Nach möglichst starkem Ausathmen enthält die menschliche Lunge nach H. Davys Versuchen 35, nach gewöhnlichem Ausathmen 108, nach gewöhnlichem Einathmen 118, und nach möglichst starkem Einathmen 240 Würfelzoll Luft. Es werden nach ihm gewöhnlich 10 bis 13 Würfelzoll ein- und ausgeathmet und zwar 26 bis 27 mal in einer Minute, welches für 24 Stunden

400000 bis 500000 Würfelzoll ausmacht. Nach Allen und Pepys nimmt die Lunge beim gewöhnlichen Einathmen 16,5 und in 24 Stunden 460800 bis 475200 Würfelzoll Luft auf; nach Abilgaard[1] bei gewöhnlichem Einathmen 3 bis 6; nach Thomson gar 40, und, 20 Athmenzüge auf die Minute gerechnet, findet er die Menge der in 24 Stunden ein- und ausgeathmeten Luft = 1152000 Würfelzoll oder 52,5 Pfund.

Die athmosphärische Luft zeigt sich, wie dieses schon Lavoisier und Seguin fanden, nach einmaligem Ein- und Ausathmen dem Umfange nach verringert: nach Davy um $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{70}$ nach Pfaff um $\frac{1}{36}$, nach Berthollet um $\frac{1}{143}$ bis $\frac{1}{27}$; nach den Versuchen von Allen und Pepys beträgt die Raumverminderung, die nach ihnen bloſs von einem Mangel an Genauigkeit abzuleiten ist, nur $\frac{1}{166}$. Da jedoch neuerdings Despretz sich überzeugt hat, daſs diese Verminderung der Luft constant ist, so darf sie wohl nicht von einem bloſsen Beobachtungsfehler abgeleitet werden.

Die ausgeathmete Luft enthält eine geringere Menge von Sauerstoffgas, und dagegen eine dem verschwundenen Sauerstoffgas mehr oder weniger dem Maſse nach entsprechende Menge von kohlensaurem Gas. Nach Dalton, so wie nach Allen und Pepys ist das erzeugte kohlensaure Gas dem verschwundenen Sauerstoffgas dem Umfange nach vollkommen gleich. Enthält z. B. die Luft vor dem Einathmen 79 Maſse Stickgas und 21 Maſs Sauerstoffgas, so enthält sie nach Allen und Pepys nach dem Ausathmen 79 Maſs Stickgas, 12,5 bis 13 Maſse Sauerstoffgas und 8,5 bis 8 Maſse kohlensaures Gas. Dagegen fanden Lavoisier, Goodwyn, Berthollet und Davy, daſs etwas mehr Maſse Sauerstoffgas absorbirt wurden, als kohlensaures Gas erzeugt, und dieses letzte Resultat erhielt auch Despretz. Ist dieses richtig, so folgt, daſs der verschluckte Sauerstoff nicht bloſs dient, um mit dem Kohlenstoff des Blutes Kohlensäure zu erzeugen (denn da 1 Maſs kohlensaures Gas 1 Maſs Sauerstoffgas enthält, so müſste dann an die Stelle von jedem Maſs Sauerstoffgas 1 Maſs kohlensaures Gas treten), sondern daſs ein Theil des Sauerstoffs sich mit Wasserstoff des Blutes zu Wasser vereinigt.

1 Scherer's J. VI. 666.

Die Menge des verbrauchten Sauerstoffgases und erzeugten kohlensauren Gases kann theils mit der *Zeit* verglichen werden, *in welcher*, theils mit der *Luftmenge*, *aus welcher* dieselben respective verschluckt und erzeugt werden. In ersterer Beziehung findet sich, dafs ein erwachsener Mann in 24 Stunden

nach	verbraucht an Sauerstoffgas W. Z.	Gran	erzeugt an kohlens. Gas W. Z.	Gran	im kohlens. Gas enthaltener Kohlenstoff. Gran	
Lavoisier u. Seguin	46037	15661	14930	8584	2820	franz.
Menzies	51480	17625				engl.
Davy	45504	15751	31680	17811	4853	engl.
Allen und Pepys	39600	13464	39600	18612	5148	engl.

Da die Luft ungefähr $\frac{1}{5}$ Mafs Sauerstoffgas enthält, so zerstört also ein Erwachsener in 24 Stunden 5×39600 bis 5×51480 Würfelzoll Luft. — Da 1 Gran Kohlenstoff bei seinem Verbrennen 40 bis 96 Gran Eis auf 0° C. schmelzt, so kann durch die Verbindung von 5148 Gran Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft so viel Wärme entwickelt werden, als erforderlich ist, um 205920 bis 494208 Gran Eis auf 0° zu schmelzen.

Hinsichtlich des Verhältnisses des verschluckten Sauerstoffgases und erzeugten kohlensauren Gases zu der ganzen Luftmenge, finden sich nach Prout folgende Gesetze:

1. Die Kohlensäurebildung ist bei verschiedenen Individuem sehr verschieden. So enthielten 100 einmal geathmete Luft nach dem Ausathmen an kohlensaurem Gas bei Davy 3,95 bis 4,5, bei Berthollet 5,53 bis 13,82, bei Allen und Pepys 3,5 bis 9,5, bei Menzies 5, bei Prout 3,3 bis 4,1, bei *Prout's* Freund 4,6, bei Murray 6,2 bis 6,5 bei Fife [1] 8,5 und bei Jürine 10.
2. Die Kohlensäuremenge variirt bei demselben Individuum zu verschiedenen Tageszeiten, so dafs sie zwischen 11 und 1 Uhr Mittags am gröfsten (bei Prout 4,1 betragend), ist, und von der Abenddämmerung bis zur Morgendämmerung am geringsten (bei Prout 3,3 betragend).

---

1 Thoms. Ann. IV. 334.

3. Ferner nimmt auch die relative Kohlensäuremenge bei demselben Individuum ab bei Einwirkung herabstimmender Leidenschaften, bei und nach heftigen und, zwar nicht bei, aber nach gelinden Bewegungen, ferner beim Genuſs von Weingeist und weingeistigen Flüssigkeiten, von Thee, bei vegetabilischer Diät und bei längerem Gebrauch von Quecksilber. — Da jedoch bei starker Bewegung, Genuſs von Weingeist u. s. w. die Stärke und Zahl der Einathmungen beträchtlich vermehrt wird, so kann dennoch die Menge der in 24 Stunden erzeugten Kohlensäure viel über das Normale betragen. — Umgekehrt wird die relative Menge der Kohlensäure vergröſsert durch erheiternde Gemüthsbewegungen, gelinde körperliche Bewegung (im Anfang) und durch niedrigen Barometerstand.

Beim Ein- und Ausathmen der atmosphärischen Luft glaubt Davy (der jedoch mit dem unsichern Salpetergaseudiometer experimentirte) *Verminderung ihres Stickgases* gefunden zu haben, welche nach ihm $\frac{1}{17}$ des verschluckten Sauerstoffgases, und in 24 Stunden 2246 Gran engl. betragen soll. Auch Pfaff fand eine $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{107}$ der eingeathmeten Luft betragende Verminderung des Stickgases. Bei Thomson variirte diese Verminderung beträchtlich. Lavoisier und Seguin desgl. Allen und Pepys bemerkten gar keine, und Berthollet fand sogar beim Athmen von Thieren in eingeschlossener Luft unbedeutende Vermehrung des Stickgases. Letzteres fanden auch Nysten und Dulong, und neuerdings fand auch Despretz in mehr als 200 Versuchen jedesmal Vermehrung des Stickgases in der geathmeten Luft, nie Verminderung. Edwards schlieſst endlich aus einigen Versuchen von Allen und Pepys, daſs in der Lunge gleichzeitig Stickgas absorbirt und ausgehaucht wird; sind sich beide Functionen gleich, so ist der Stickgasgehalt der ausgeathmeten Luft nicht verändert, waltet erstere Function vor, so muſs das Stickgas in der ausgeathmeten Luft vermindert, waltet letztere vor, so muſs es vermehrt seyn. Bringt man, wie es Allen und Pepys thaten, Meerschweinchen in reines Sauerstoffgas oder in ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, so kann bloſs die letztere Function eintreten, und sie athmen dann mehr Stickgas aus, als

der Umfang ihres Körpers beträgt, und verschlucken etwas von dem Wasserstoffgas, wenn dieses dem Sauerstoffgas beigemengt worden war; sie werden also auch, statt des Wasserstoffgases das Stickgas der Luft verschlucken, wenn sie diese respiriren. Aus allem diesem scheint als ausgemacht hervorzugehen, daſs die Thiere beim Athmen etwas Stickgas ausstoſsen, aber ob sie dasselbe auch zu verschlucken vermögen, ist noch nicht auſser allem Zweifel.

Die ausgeathmete Luft enthält viel *Wasserdampf*. Ein erwachsener Mann athmet in 24 Stunden an Wasser aus: nach Menzies 2680, nach Abernethy 4320, nach Thomson 9120, nach Hales 9792 und nach Lavoisier 13704 Gran; das ausgeathmete Wasser enthält etwas thierische Materie.

Waren dem Blute fremdartige gasförmige oder verdampfbare Stoffe beigemischt, so finden sich diese ebenfalls in der ausgeathmeten Luft. *Injicirt* man oxydirtes Stickgas, Wasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas in das venöse System in so kleinen Verhältnissen, daſs sie vom Blute verschluckt werden, *so erregen sie nach* Nysten *keine heftige Zufälle*, und werden durch die Respiration wieder ausgeleert.

Athmet man dieselbe Luftmenge wiederholt ein, bis sie unerträglich wird, so beträgt ihre Umfangsverminderung nach Crawford 0, nach Lavoisier und Goodwyn $\frac{1}{60}$, nach Davy $\frac{1}{18}$, nach Allen und Pepys $\frac{1}{17}$ und nach Pfaff über $\frac{1}{12}$. Luft, worin eine Maus gelassen war, bis sie scheintodt wurde, zeigte sich um $\frac{1}{13}$ vermindert. Die Luft enthält nach diesem mehrmaligen Ein- und Ausathmen viel weniger kohlensaures Gas, als das verschwundene Sauerstoffgas hätte erzeugen können (z. B. nach Allen und Pepys 86 Stickgas, 4 Sauerstoffgas und 10 kohlensaures Gas, da doch 17 Maſse Sauerstoffgas verschwunden waren, welche 17 Maſse kohlensaures Gas hätten liefern müssen). Es wird also wohl vom Blute ein Theil des erzeugten kohlensauren Gases zurückgehalten, wenn es mit einer Luft in Berührung steht, die schon viel kohlensaures Gas enthält.

Athmet ein Mensch, statt atmosphärischer Luft Sauerstoffgas ein, so enthält das ausgeathmete Gas nach Allen und Pepys gegen 11 bis 12 Procent kohlensaures Gas, wäh-

rend derselbe Mensch in der atmosphärischen Luft nur 8 bis 8,5 Procent kohlens. Gas erzeugt; auch verschwinden hierbei mehr Maſse Sauerstoffgas, als sich an kohlensaurem Gas erzeugen. Nach Lavoisier und Seguin dagegen verzehren Meerschweinchen in 24 Stunden gleichviel Sauerstoffgas, sie mögen in atmosphärischer Luft oder in Sauerstoffgas eingeschlossen seyn, und letzteres zeigt auf die Thiere keine schädliche Wirkung.

In einem Gemenge von gleich viel Sauerstoffgas und Wasserstoffgas athmen Meerschweinchen nach Lavoisier und Seguin ohne besondere Beschwerde, eben so viel Sauerstoffgas verzehrend, wie in einem Gemenge von gleichviel Sauerstoffgas und Stickgas; nichts vom Wasserstoffgas verschluckend.

Als Davy im ersten Versuche 100 Maſse oxydirtes Stickgas 7 mal ein und ausathmete, im zweiten Versuche 182 Maſse 8 mal; und die vor und nachher in den Lungen befindliche Luft in Rechnung brachte, fand er folgendes:

		Versuch 1		Versuch 2	
		vor dem Athmen	nach dem Athmen	vor dem Athmen	nach dem Athmen
		Maſs	Maſs	Maſs	Maſs
Ein- und ausgeathmetes oxyd. Stickgas		100,0	43,7	182,0	110,6
Noch i. d. Lunge befindliche Luft	Sauerstoffgas	5,6	6,1	5,5	6,3
	Kohlens. Gas	4,1	5,2	4,1	6,8
	Stickgas	24,3	39,0	24,9	36,3
Gesammtmenge		134,0	94,0	216,5	160,0

Davy nimmt an, das oxydirte Stickgas sey als Ganzes vom Blut absorbirt worden, ohne zersetzt zu werden, die Menge des Sauerstoffgases sey unverändert geblieben, das Blut habe jedoch kohlensaures Gas und viel Stickgas ausgehaucht. Hunde, Katzen, Kaninchen, Mäuse u. s. w. sterben nach Davy schneller in oxydirtem Stickgas als in Luft und Sauerstoffgas, langsamer als in Stickgas; fast eben so schnell sterben sie in mit Wasserstoffgas gemengtem oxydirtem Stickgas; etwas langsamer im oxydirten Stickgas, dem Luft oder Sauerstoffgas beigefügt ist. Nach dem Tode zeigt sich das Blut purpurroth. Die Muskeln sind sehr unreizbar. Im Stickgas und Wasserstoffgas sterben die Thiere, wie es scheint, nicht sowohl vermöge positiv schädlichen Einflusses, als ver-

möge negativen, sofern diese Gase das zum Leben erforderliche Sauerstoffgas versagen. Tödtlicher wirken das Kohlenoxyd- und Kohlen-, Phosphor-, Schwefel- und Arsenikwasserstoffgas, welche durch ihre Beimischung zum Blut und Einwirkung auf die Nerven zugleich positiv schädlich zu wirken scheinen, daher sie auch in geringeren Mengen der Luft beigemischt, üble Zufälle oder Tod hervorbringen. — Atmosphärische Luft tödtet nach Thenard und Dupuytren augenblicklich einen Grünfink, wenn sie $\frac{1}{1500}$, einen Hund, wenn sie $\frac{1}{800}$ und ein Pferd, wenn sie $\frac{1}{250}$ hydrothionsaures Gas beigemengt enthält. Die sauren und alkalischen Gasarten, wie kohlensaures, schwefligsaures, salzsaures, Chlor-, Fluorboron- Fluorsilicium-, und Ammoniakgas, gelangen nur bei grofser Verdünnung mit Luft in die Lunge, heftige Erstickungszufälle erregend; für sich eingeathmet veranlassen sie sogleich krampfhafte Verschliefsung der Stimmritze, ehe sie in die Lungen gelangen.

Durchschneidet, drückt oder unterbindet man bei in der Luft athmenden Thieren den Nervus vagus auf beiden Seiten, (die Durchschneidung des einen Nerven bewirkt dies nicht) so sperren sie Maul und Nase auf, das Innere des Mauls wird livid, das gelassene arterielle Blut erscheint schwarzroth, läfst sich jedoch nach Dumas durch künstliches Einblasen von Luft in die Lunge heller roth machen, und die Thiere sterben nach 1 Stunde bis 8 Tagen. Der Tod erfolgt nach Dupuytren, weil nur bei Einwirkung dieses Nerven die Absorption von Sauerstoffgas und Bildung von Kohlensäure erfolgen kann; — nach Dumas, weil die zum Ein- und Ausathmen der Luft erforderliche Bewegung der Brust ohne diesen Nerven nicht gehörig erfolgt; — nach Dudrotay de Blainville, nach welchem die Thiere nach dem Durchschneiden der Nerven eben soviel Luft einathmen, und sie auf gleiche Weise verändern, wie zuvor, weil mit dem Durchschneiden des Nerven der Appetit und die Verdauung gänzlich gestört wird. Dann könnte aber der Tod nicht schon zum Theil nach Stunden erfolgen. — Nach Chaussat erfolgt der Tod durch Erkältung, welche sehr langsam erfolgt und in der ersten Zeit auf jede Stunde 0,25 bis 0,45° C. beträgt. Als Brodie bei Kaninchen den Ein-

flufs der Nerven auf die Respiration aufhob durch Abschneiden des Kopfes nach vorausgegangener Ligatur, oder durch Einimpfen von Wooraragift oder Bittermandelöl, und das Athmen durch Einblasen von Luft mittelst einer Federharzflasche unterhielt, so wurde hier ungefähr dieselbe Menge von Sauerstoffgas verschluckt und von Kohlensäure erzeugt, wie beim gesunden Thiere, das Herz schlug regelmäfsig, doch etwas langsamer, als im gesunden Zustande, und das schwarze venöse Blut wurde ebenfalls in rothes arterielles verwandelt — allein das Thier erkaltete schneller, als ein auf dieselbe Weise asphyxirtes Thier, bei dem man nicht die künstliche Respiration hervorbrachte, und mit dem Erkalten stockte der Blutumlauf. Durchschneidet man nach Chaussat bei einem Hunde das Hirn beim Pons Varolii, oder den obern Theil des Rückenmarks, oder betäubt ihn durch eine Contusion gegen Scheitel und Hinterhaupt, oder betäubt ihn durch, in die Venen injicirten Opiumabsud, so fährt der Hund meistens zu athmen fort, oft lebhafter als im gesunden Zustande (wo der Hund nicht athmete, wurde die Respiration durch Einblasen der Luft künstlich unterhalten); auch ist der Blutumlauf im Anfang rascher, als im gesunden Zustande. Demungeachtet erkaltet der Hund genau eben so rasch, als wenn er ganz todt wäre, d. h. in der ersten Zeit in jeder Stunde um 2,45° C.; und bei einem gewissen Grade der Erkältung hören diese Functionen auf und der Tod tritt ein. (Hält man einen Hund so lange in kaltem Wasser, bis er bis auf 26 bis 17° erkaltet ist, so stirbt er ebenfalls.) — Durchschneidet man das Rückenmark weiter unten, als wo der Sympathicus maximus entspringt, oder durchneidet man den Nervus vagus, so erfolgt die Erkaltung viel langsamer, Beweis, dafs hier noch Wärme erzeugt wird, aber weniger, als zu gleicher Zeit entweicht. — Exstirpirt man die capsula suprarenalis, auch nur auf einer Seite, wobei der Sympathicus maximus verletzt wird, bevor er in den Plexus semilunaris gelangt, so erkaltet das Thier in jeder Stunde um 1,9° C. und stirbt in 10 Stunden. Unterbindet man die Aorta da, wo sie durch's Zwergfell tritt, so erkaltet das Thier wie im getödteten Zustande um 2,4° C. in 1 Stunde. — Hieraus folgert Chaussart, dafs die Wär-

meerzeugung unter der Botmäfsigkeit des Nervensystems stehe, und dafs sie vorzüglich durch den Sympathicus maximus und seine Plexus im Unterleibe bewirkt werde.

Die Veränderungen, welche im thierischen Körper beim naturgemäfsen Ein- und Ausathmen der atmosphärischen Luft erfolgen, sind folgende: 1. Das im rechten Herzen befindliche dunkle Gemisch aus venösem Blut, Lymphe und Chylus, sich durch die Lungenarterie in die feinsten Zweige ergiefsend, welche nur durch eine sehr dünne Membran von der in den Lungenzellen enthaltenen Luft getrennt sind, kehrt aus denselben durch die Lungenvenen als hellrothes arterielles Blut in das linke Herz zurück. — 2. Die thierische Wärme scheint in diesem Athmungsprocefs ihren Hauptquell zu haben. Bringt man so eben geronnenes Blut mit Luft zusammen, so färbt es sich nach Berthollet purpurroth, und verwandelt, ohne Umfangsveränderung der Luft, einen Theil ihres Sauerstoffes in Kohlensäure. Nach Thenard färbt sich geschlagenes, vom Faserstoff getrenntes Blut mit Sauerstoffgas rosenroth, mit oxydirtem Stickgas braunroth, mit Ammoniackgas kirschroth, mit Kohlenoxyd-Kohlenwasserstoffgas und Salpetergas violettroth, mit Schwefel- und Arsenikwasserstoffgas dunkelviolett, mit salzsaurem Gas kastanienbraun, mit schwefelsaurem und Chlorgas schwarzbraun.

Theorie der Respiration.

Nach Lavoisier[1] haucht das Blut, ohne mit der Luft in Berührung zu kommen, in die Lungenzellen eine Flüssigkeit aus, die vorzüglich Kohlenstoff und Wasserstoff enthält; diese beiden Stoffe vereinigen sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure und Wasser, welche nebst dem ausgehauchten, nicht erst neu erzeugten, Wasser mit der ausgeathmeten Luft entweichen. Nach Thomson und Anderen vereinigt sich der Sauerstoff der eingeathmeten Luft sogleich mit dem Kohlenstoff des ihm dargebotenen Bluts, um Kohlensäure und Wärme zu erzeugen. Hierfür spricht besonders, dafs das Blut in der linken Herzkammer

1 Scherer J. X. 565.

und in der Carotis der Lämmer, Schafe und Ochsen von J. Davy[1] um $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$° Fahr. wärmer gefunden wurde, als in der rechten Kammer und in der Jugularis. — Nach Lagrange wird der Sauerstoff der eingeathmeten Luft anfangs nur lose vom Blute gebunden, und vereiniget sich erst während des Laufes des arteriellen Blutes durch die verschiedenen Organe, deren Thätigkeit es unterhält, innig, unter Wärmeentwickelung, mit dem Kohlenstoff des Bluts zu Kohlensäure, die dann vom Blute verschluckt bleibt, bis es wieder in die Lungen gelangt, wo es diese Kohlensäure ausathmet, und wieder Sauerstoffgas aufnimmt. Nach dieser Theorie ist es erklärlich, warum in der Lunge keine höhere Temperatur statt findet, als in andern Theilen des Körpers. Vielleicht tritt der Sauerstoff zuerst mit dem Blutroth in eine lose Verbindung, wodurch dessen Farbe erhöht wird. Zwar scheint es nach dieser Theorie schwierig, zu erklären, warum bei jedem Athemzuge die Menge des verschluckten Sauerstoffgases der Menge des entwickelten kohlensauren entspricht; allein dieselbe Blutmenge, welche sich in der Lunge in Berührung mit der Luft vorfindet, wird beim vorigen Aufenthalte in der Lunge ebensoviel Sauerstoffgas aufgenommen, und später daraus Kohlensäure, die dann ausgeathmet wird, erzeugt haben, als sie jetzt wieder Sauerstoffgas aufnimmt.

Athmen der Amphibien.

Ein junges Krokodill 1 Stunde 43 Minuten in 1000 Maſs Luft befindlich, welche 711 M. Stickgas, 274 Sauerstoffgas (durch das Salpetergaseudiometer bestimmt) und 15 kohlensaures Gas enthält, vermehrt ihren Umfang um 124 Maſs; diese 1124 Maſs bestehen aus 106,8 Sauerstoffgas 938,2 Stickgas und vielleicht einem andern Gas und 79 kohlens. Gas[2]. Eine Schildkröte lebt lange im luftleeren Raum der Luftpumpe und in für andere Thiere irrespirabeln Gasarten; sie stirbt unter Oel erst in 24 bis 36 Stunden[3]. Frösche leben nach Carradori noch lange im luftleeren

1 Schweig. J. XV. 461.

2 v. Humboldt bei Gehlen N. J. I. 534.

3 Carradori in Ann. de Chim. et Phys. V. 94.

Raume und in verdorbener Luft, sterben aber unter Oel in weniger als 1 Stunde. Blofs unter lufthaltendem Wasser halten sie es einige Zeit aus und sterben erst in 7 bis 8 Stunden, während sie in ausgekochtem vor der Luft verwahrtem Wasser in $\frac{1}{4}$ Stunde sterben. — Froschlarven bedürfen nicht des Athmens in der Luft, sondern nur des Athmens in lufthaltigem Wasser, während sie in luftfreiem Wasser in wenigen Secunden sterben.

Athmen der Fische.

Die Fische sterben in ausgekochtem, vor Luftzutritt verwahrtem Wasser in 5 Minuten, desgl. bald in kleinen Wassermengen, die nicht rasch genug Luft aufnehmen können; sie bedürfen jedoch nicht des Schnappens nach Luft, wenn das Wasser hinlänglich Luft hält, nach DUVERNEY, PRIETSLEY, SPALLANZANI, CARRADORI v. HUMBOLDT und PROVENÇAL. Sie verzehren nach den beiden letzteren Naturforschern viel weniger Sauerstoff als gleich grofse warmblütige Thiere; auch ist ihre Temperatur nicht merklich verschieden von der des umgebenden Mediums. Wenn die Fische 100 Mafs Sauerstoffgas absorbiren, so absorbiren sie zugleich 19 bis 87 Mafs Stickgas, und erzeugen 20 bis 89 Mafs kohlensaures Gas; also nehmen sie viel Sauerstoff und Stickstoff auf. Sie vermögen selbst mit 1000 Mafs Stickgas gemengtes Sauerstoffgas abzuscheiden. Beim Athmen in der freien Luft absorbiren die Fische nicht mehr und nicht weniger Sauerstoffgas, als beim Athmen in lufthaltigem Wasser. — Die Fische, namentlich die Schleihen, absorbiren nicht blofs mit den Kiemen, sondern mit der ganzen Oberfläche ihres Körpers Sauerstoffgas, kohlens. Gas erzeugend, wenn sie sich mit dem Körper in lufthaltigem Wasser befinden, aber nicht, wenn ihr Körper mit der freien Luft in Berührung steht. Aus Wasser, welches mit Sauerstoffgas und Wasserstoffgas imprägnirt ist, nehmen sie viel Sauerstoff, aber keinen Wasserstoff auf, so wie sich auch nacher in der Schwimmblase kein Wasserstoffgas findet; in wäfsriger Kohlensäure und wäfsrigem Chlor, wenn gleich diese Flüssigkeiten auch Luft enthalten, sterben die Fische in wenigen Minuten; auch sterben sie schnell in kohlensau-

rem Gase, während sie in Stickgas und Wasserstoffgas, in denen sie ihre Kiemendeckel schliefsen, erst in 5 Stunden sterben.

Athmen der Insecten.

Die Insecten ersticken nach Carradori in Oel sogleich, manche, wie Tenebrio-Arten, leben 8 Tage und länger, sich so lebhaft, wie zuvor, bewegend, unter der Luftpumpe, in einer verdünnten Luft von 1 bis 2 Millimeter Spannung [1]. In der Luft absorbiren die Insecten nach Spallanzani bei weitem mehr Sauerstoffgas, als viel gröfsere Amphibien; nach Scheele sterben Fliegen in eingeschlossener Luft nach einigen Tagen, nachdem sie ohne Veränderung des Umfangs $\frac{1}{4}$ der Luft in kohlensaures Gas verwandelt haben.

Athmen der Würmer.

Auch von Blutigeln, Schnecken, Muscheln u. s. w. weifs man durch Scheele und Spallanzani, dafs sie der Luft oder des lufthaltenden Wassers zu ihrem Leben bedürfen, und dafs sie Sauerstoffgas absorbiren und Kohlensäure erzeugen [2]. *G.*

---

1 Biot in Ann. de Chim. et Phys. IV. 525.

2 Ueber diesen Gegenstand sind nachzusehen: Scheele in Opusc. I. 110. — Priestley in Crell chem. Journ. I. 207. — Goodwyn, on the connexion of life with respiration. London 1788. — Crawford Exp. and Observ. on animal heat. London 1788. übers. von Crell 1789. — Menzies tentamen physiologicum de respiratione. Edinb. 1790; auch im Auszug in Crell Ann. 1794. II. 33. — Lavoisier in s. Schriften übers. von Weigel III. 40. — Seguin in Journ. de Phys. 1790. p. 467. — Lavoisier und Seguin, in Ann. de Chim. XCI. 318. — Davy bei G. XIX. 298. — Carradori in Scher. J. II. 669 und 676. — Spallanzani, in Gehl. N. J. III. 359. — Pfaff ebend. V. 103. — Schübler bei G. XXXIX. 300. — Dupuytren in Ann. de Chim. LXIII. 35. — Ducrotay de Blainville in Gehlen J. VII. 582. — Dumas ebend. IX. 744. — Provençal und Humboldt in Schweig. J. I. 86. — Berthollet ebend. I. 173. — Brodie bei G. XLVI. 80. — Allen und Pepys in Schweig. J. I. 182. — La Gallois in Ann. de Chim. et Phys. IV. 5 und 113. — Prout in Thoms. Ann. II. 328. und IV. 331, auch in Schweig. J. XV. 47. — Chaussat in J. de Phys. XCI. 5 und 92. — De la Rive in Ann. de Chim. et Phys. XV. 105. — Edwards ebend. XXI. 35; auch in G. LXXIII. 345. — Despretz in Ann. de Chim. et Phys. XXVI. 337.

Atmometer.

Atmidometer; Evaporometer; Ausdünstungs-oder Verdunstungsmaſs; *Atmometrum; Exatmoscopium; Evaporatorium;* Atmomètre; werden diejenigen Vorrichtungen und Apparate genannt, deren man sich bedient, die Menge des unter gegebenen Bedingungen verdunstenden Wassers zu bestimmen, vorzugsweise aber bezeichnet man damit solche, welche bestimmt sind, die Gröſse der Verdunstung des Wassers von der Oberfläche der Erde an verschiedenen Orten zu messen, um dieselbe mit der Quantität der Niederschläge aus der Atmosphäre zu vergleichen. Inzwischen sind die modificirenden Bedingungen, welche auf die natürliche Verdunstung Einfluſs haben, so vielfach, so zusammengesetzt und so schwer nachzubilden, daſs es bis jetzt noch kein vollkommenes Atmometer giebt. Am einfachsten war es, Wasser in Gefäſse von bestimmter Oberfläche der freien Luft auszusetzen, und die Menge des in einer gegebenen Zeit verdunsteten nach Maſs oder Gewicht zu bestimmen.

Schon früh bediente man sich als eines feinen Instrumentes, um auch kleine Quantitäten des verdunsteten Wassers zu messen, eines bleiernen Gefäſses 0,5 bis 1 Quad. F. Fläche bei 3 Z. Tiefe haltend, setzte dieses mit Wasser gefüllt auf eine Waagschale ins Gleichgewicht, und bestimmte die Quantität des verdunsteten nach den Graden, welche die Zunge des Waagebalkens an einem getheilten Kreisbogen durchlief. Ein solches Werkzeug beschreibt Leutmann[1] als von ihm so eben erfunden. Musschenbroek[2] bediente sich bei seinen zahlreichen Versuchen zum Wasser der Verdunstung zweier Gefäſse von Blei, 36 Quad. Z. Fläche bei 6 und 12 Z. Höhe haltend, und schloſs aus den Versuchen, daſs die Verdunstung im Freien bei gleichen Flächen sich wie die Cubikwurzeln aus der Höhe der Gefäſse verhalte, im Zimmer aber bloſs den Flächen proportional sey. Richmann[3] fand die Erscheinung bestätigt, leitete sie aber richtig aus dem Einflusse der Tem-

1 Instrumenta Meteorognosiae inservientia cet. Wittenb. 1725. p. 144.
2 Tentamina exper. capt. in Ac. del Cim. II. 62.
3 Com. Pet. XIV. 273. Nov. Com. Pet. I. 198. II. 134.

peratur auf die größere Oberfläche der tieferen Gefäße ab, eine Erklärung, welche auch auf die Behauptung Sedileau's paßt, daß aus kleineren Gefäßen verhältnißmäßig mehr als aus größeren verdunste, und überhaupt die Quantität des verdunsteten Wassers größer sey, wenn die Seiten des Atmometers der Luft frei ausgesetzt sind[1]. Wallerius erhielt daher bei ungleich tiefen Gefäßen von gleicher Oberfläche gleiche Mengen des verdunsteten Wassers, wenn er sie in Thon versenkte[2]. In Lamberts[3] zahlreichen Versuchen ist ein Einfluß der Tiefe der Gefäße nicht anzutreffen, wohl aber in denen von Cotte[4], im Widerspruche mit den genauen durch Flaugergues[5] erhaltenen Resultaten, nach welchen die Verdunstung unter übrigens gleichen Umständen der Oberfläche proportional ist. Auch späterhin folgerte Cotte[6] aus einer Reihe eigener und fremder Versuche, daß die Stärke der Verdunstung aus cubischen Gefäßen den Oberflächen umgekehrt proportional sey, ohne den Einfluß zu berücksichtigen, welchen warme Luft und Sonnenstrahlen auf diesen Proceß nach der verschiedenen Beschaffenheit der Gefäße ausüben.

So unbezweifelt es indeß auch ist, daß unter übrigens gleichen Bedingungen die Stärke der Verdunstung der Größe der Oberfläche nahe proportional, und daher durch die genannten gemeinen Atmometer meßbar seyn muß, so können doch einestheils die Schlüsse aus solchen Messungen nur auf die Verdunstung der Wasserflächen, nicht aber des Landes passen, anderntheils aber kommen noch so viele anderweitige Bedingungen in Betrachtung, welche die Resultate solcher Versuche, anders als die freie Verdunstung, modificiren, daß sie auf keine Weise für rein anzusehen sind. Diesem kann keineswegs durch den Vorschlag Richmann's[7] abgeholfen

1 Mém. de l'Ac. X. 30.

2 Schwed. Abh. VIII. 3. IX. 235.

3 Mém. de Berl. 1769, p. 68. 1772. p. 65. Vergl. Lambert's Hygrometrie cet. a. d. Fr. Ausgb. 1774 u. 1775. 8.

4 J. de Ph. XVII. 306. Mém. de l'Ac. X. 30.

5 J. de Ph. LXV. 447.

6 J. de Ph. LXVIII. 439. LXXII. 206.

7 Comm. Pet. XIV. 273.

werden, wonach das Atmometer mit einem gröſseren bedeckten verbunden werden soll, um gegen den Regen zu schützen, und das Niveau stets gleich hoch zu erhalten. Aus gleichen Gründen kann auch ein anderer, von eben demselben angegebener[1], sehr zusammengesetzter Apparat, vermittelst dessen die Verdunstung des Wassers nach Gewichten an einer Scale gemessen werden soll, den beabsichtigten Zweck nicht erreichen. Am meisten werden unstreitig die Bedingungen der natürlichen Verdunstung der Wasserflächen durch einen Vorschlag Saussüre's[2] erfüllt, wonach ein Gefäſs von gemessener Oberfläche, mit Wasser gefüllt, in einem Teiche oder Flusse erhalten werden soll, damit Wärme, Wind u. s. w. eben so auf diese kleine Fläche wirken, als auf die groſse, und um den Einfluſs der bald höheren bald niedrigern Ränder und des sich hebenden Bodens aufzuheben, ein gröſseres Gefäſs damit zu verbinden, um das Niveau constant zu erhalten, endlich aber den Zugang des Regenwassers durch ein Regenmaſs zu bestimmen. Die letztere Bedingung hebt aber, wie man leicht wahrnimmt, die Genauigkeit der Resultate wieder auf, indem hiernach ein solches Gefäſs *hervorragende* Ränder haben muſs, um durch den Regen nicht überfüllt zu werden, deren Einfluſs auf die freie Bewegung der Luft und auf die ungleiche Erwärmung als Folge der Sonnenstrahlen unverkennbar ist. Diesemnach lassen sich solche Versuche mit der gehörigen Genauigkeit nur mit Atmometern anstellen, welche sehr niedrige Ränder haben, mit einem den Abgang ersetzenden Gefäſse verbunden sind, und in Seen oder Teichen nur so lange hingestellt werden können, als das Wasser nicht durch den Wind bewegt wird, und atmosphärische Niederschläge die Messung nicht unmöglich machen, wobei dann nach den Ergebnissen der Beobachtungen während kürzerer Zeit unter verschiedenen Bedingungen der Temperatur u. s. w. auf die Verdunstung im Ganzen in genäherten Werthen geschlossen werden müſste. Die Construction eines solchen Apparates bietet sich einem jeden ohne Weiteres von selbst dar.

---

1 Com. Pet. II. 121.

2 Essais sur l'hygrometrie cet. Laus. 1783. 8. §. 249.

Ungleich leichter ist die Construction derjenigen Atmometer, durch welche man die Verdunstung unter verschiedenen Bedingungen blofs vergleichend zu bestimmen sucht. Ein solches, den oben erwähnten ähnliches, hat Saussüre [1] gleichfalls angegeben. Dasselbe besteht aus einem flachen Gefäfse auf einer Waage, mit einer bestimmten Menge Wassers gefüllt, dessen Verminderung durch das Gewicht bestimmt wird. Aehnlicher Gefäfse bediente sich Dalton [2], um die Stärke der Verdunstung bei ungleichen Temperaturen zu messen.

Will man dagegen diejenige Verdunstung prüfen, welche bei der Oberfläche der Erde statt findet, so ist es gleichfalls kaum möglich, die hierbei zu berücksichtigenden, eben so mannigfaltigen, als stets wechselnden Bedingungen, namentlich den Grad der Trockenheit des Bodens, seine Lockerheit, seine Kraft, die Feuchtigkeit aus der Tiefe anzuziehen und sie festzuhalten, den Einflufs der bedeckenden Pflanzen u. s. w. künstlich nachzubilden. Um indefs mindestens die Menge des von stets feuchter Erde verdunstenden Wassers zu bestimmen, schlägt Bellani [3] ein heberförmiges Gefäfs vor, dessen einer hinlänglich weiter Schenkel mit einem Deckel von wenig gebrannter und unglasirter, ebendaher aber poröser, und somit durch das aufsteigende Wasser stets feuchter, Erde verschlossen ist. Zweckmäfsiger würde es seyn, mit Rücksicht auf die verschiedenen Erdarten, ihre Kraft, die Feuchtigkeit festzuhalten, und die dieser umgekehrt proportionale Grösse der Verdunstung vermittelst eines einfachen Apparates zu messen. Dieser dürfte nur aus einem blechenen Gefässe M, unten mit der einmal gebogenen Röhre bc versehen, und einem andern B, mit der zu untersuchenden Erdart gefüllten, von bekannter Oberfläche bestehen, welches letztere am zweckmäfsigsten in die Erde gegraben werden müfste, um den Einflufs der Sonnenstrahlen auf die Seitenwände zu vermeiden. In letzterem ist ein Raum

Fig. 87.

Fig. 88.

1 a. a. O. §. 250. Vergl. Lampadius Beiträge zur Atmosphärologie. Freyb. 1817. p. 33.

2 Memoirs of the Lit. and Phil. Soc. of Manchester. V. 2. p. 574. G. XV. 121.

3 Brugnat. Ann. di Fis. Dec. II. III. p. 166.

durch eine mit feinen Löchern versehene Platte so abgesondert, daſs das Rohr c höher und tiefer hineingesenkt werden kann. Wird dann die Oeffnung der Röhre c mit dem Finger verschlossen, das Gefäſs M durch die obere Oeffnung mit Wasser gefüllt und mit der Schraube a luftdicht verschlossen, dann die Röhre c in den ihr bestimmten Raum im Gefäſse B schnell hineingesenkt, so wird das Wasser vermöge des Luftdruckes bis zu einer, durch die Tiefe, bis zu welcher die Oeffnung der Röhre c herabgedrückt wird, bestimmbaren Höhe steigen, und hiernach die Erde von unten auf mehr oder weniger feucht werden. Die Stärke der Verdunstung lieſse sich dann entweder nach dem Gewichte oder dem Maſse bestimmen.

Nach gleichen Grundsätzen, als welche Bellani befolgt hat, ist das von Leslie[1] vorgeschlagene Atmometer construirt. Dieses besteht aus einem leicht gebrannten, porösen, das Wasser durchlassenden thönernen Gefäſse A. In dasselbe wird die Glasröhre dc eingesenkt, welche calibrirt, und so eingetheilt ist, daſs ein Ueberzug der Kugel von Wasser, 0,001 Zoll betragend, einem Grade derselben entspricht. Oben ist die Röhre mit der Fassung a versehen, welche mit der Schraube b fest verschlossen werden kann. So wie also das Wasser im Gefäſse A an die Oberfläche dringt, dort verdunstet, und daher sinkt, wird eine Luftblase in der Röhre cd aufsteigen, und das Wasser nachsinken, wodurch man die Quantität des verdunsteten messen kann. Ist die Röhre gefüllt, zugeschraubt und in das mit Wasser gefüllte Gefäſs gesenkt, so wischt man letzteres auſsen ab, und hängt das Ganze im Freien auf, verhütet aber das Herabträufeln des Wassers von der Kugel, welches bei schwacher Verdunstung wohl statt finden könnte. Ist dann die Oberfläche der stets feuchten Kugel bekannt, und die Quantität des in gegebener Zeit verdunsteten Wassers gleichfalls, so hat man die Stärke der Verdunstung, welche nicht geändert wird, die Oberfläche mag glänzend vom Wasser oder an-

Fig. 89.

1 Ann. of Phil. I. 467. Kurzer Bericht von Vers. u. Instrum. die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Von J. Leslie. Ueb. von Brandes. 1823. p. 84.

scheinend trocken seyn. Der Vorzug eines, nach Bellani's Angabe construirten Instrumentes besteht indefs darin, dafs dasselbe eine gröfsere und leichter, wie auch mit mehr Genauigkeit zu berechnende Oberfläche hat, auch bei ihm kein Abtröpfeln statt findet.

Beiden nachstehend, obgleich von dem Erfinder dazu bestimmt, die Mängel des von Leslie angegebene zu ersetzen, ist dasjenige Atmometer, welches A. ANDERSON[1] in Vorschlag bringt. An eine, etwa eine Linie weite Glasröhre wird die Kugel A und an das krummgebogene Ende derselben die andere B geblasen, letztere mit Weingeist gefüllt, dieser einige Zeit im Sieden erhalten, und wenn dadurch der Apparat luftleer geworden ist, das in eine Spitze ausgezogene Ende der Röhre bei c zugeblasen, dann der Apparat an die Scale d e befestigt, die Kugel A mit feinem leinenen oder baumwollenen Zeuge umgeben, und dieses aus einem nebenstehenden Gefäfse mit Wasser vermittelst eines Streifens Zeug oder Papier stets feucht erhalten. Indem das Wasser der feuchten Hülle, welche die Kugel A umgiebt, verdunstet, wird Kälte erzeugt, der Weingeist aus der Kugel B durch Verdunstung in die Kugel A geführt, und sinkt von hier in die Röhre c herab, so dafs man aus der Höhe, bis zu welcher er darin steht, auf die Trockenheit der Luft und die Stärke der Verdunstung schliefsen kann. Ist nämlich die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt, so findet gar keine Verdunstung statt, und die Röhre bleibt leer.

Fig. 90.

Man begreift leicht, dafs dieses Werkzeug zwar empfindlich und eben so leicht zu verfertigen als bequem zu beobachten ist; allein es kann damit blofs die *relative Stärke der Verdunstung*, keineswegs aber die *absolute Menge* des Wassers gemessen werden, welches in einer gegebenen Zeit von einer gemessenen Fläche verdunstet, und dasselbe ist also eigentlicher ein *Hygrometer* als ein Atmometer.

Um endlich die für veränderliche Temperatur, Dichtigkeit, und Trockenheit verschiedene Kraft der atmosphärischen Luft zu messen, womit dieselbe die Feuchtigkeit in sich

---

1 Aus Edinb. Encyclop. art. Meteorol. Schweig. J. XXVIII. 326.

aufnimmt, oder ihre *austrocknende Kraft*, hat v. SAUSSÜRE[1] ein eigens construirtes Atmometer angegeben. Er wählte hierzu ein Rechteck von feiner Leinwand, 13 und 10 Z. Seite haltend, spannte dieses in einen leichten Rahmen so, dafs es denselben nirgend berührte, befeuchtete die Leinwand, und wog sie auf einer feinen Waage, so dafs sie gerade eine Gewichtszunahme von 150 Gran erhielt. Wenn der Apparat diese Gewichtszunahme erhalten hatte, so hing er 6 Z. weit von demselben, der Mitte der Leinwand gegenüber, ein empfindliches Thermometer, beobachtete dann von 20 zu 20 Minuten den Gewichtsverlust, bis dieser 60 bis 65 Gr. betrug, indem der Rest zu stark festgehalten, und die Verdunstung dadurch unregelmäfsig wurde. Die Resultate der hiermit angestellten Versuche werden im Artikel: *Verdunstung* berücksichtigt werden. *M.*

Atmosphäre.

Atmosphaera; bezeichnete ursprünglich die expansibelen Flüssigkeiten, welche unsere Erde überall umgeben. Der Aehnlichkeit wegen nannte man späterhin alle solche, wirkliche oder eingebildete Dunsthüllen, welche um einzelne gröfsere oder kleinere Körper verbreitet angenommen wurden, Atmosphären, z.B. eine elektrische Atmosphäre, Lichtatmosphäre oder Photosphäre u. a. m. Von einigen solchen, gewifs oder wahrscheinlich, oder nur dem Sprachgebrauche nach existirenden, Umgebungen dunstförmiger und ätherischer Stoffe, als den elektrischen, magnetischen u. a. wird am gehörigen Orte gehandelt werden.

Unter den hypothetisch angenommenen Atmosphären hat keine so viel Aufsehen erregt und ist zur Erklärung so vielfacher Erscheinungen angewandt, als die sogenannte Nervenatmosphäre, sensibele Atmosphäre der Nerven, eine die Nervenenden und Fäden bis auf eine unbestimmte Weite umgebende ätherische Hülle, vermittelst welcher die Nerven selbst überhaupt und auch da gereizt werden sollten, wo keine Nervensubstanz mehr vorhanden ist. Ob dieselbe etwas Körperliches sey, wie die Nerven selbst, eine diesen

---

1 J. de Ph. XXXIV. 161. Gren J. I. 443.

ähnliche Substanz, ob aus ihnen ausfliefsend, erzeugt, ernährt und beim etwanigen Abgange wiederersetzt, oder von Aufsen hinzugekommen, ob von den Nerven trennbar oder nicht, ob durch Anziehung oder durch eine sonstige Kraft an dieselben gebunden; diese und viele andere, zur genaueren Bestimmung erforderlichen Fragen hat man kaum aufgeworfen, viel weniger beantwortet, um so viel sicherer das hypothetisch Angenommene zur Unterstützung jeder beliebigen neuen Hypothese, insbesondere der Wirkungen des animalischen Magnetismus gebrauchen zu können.

Man hat schon früher, oft zur Erklärung der Nerventhätigkeit überhaupt einen Nervenäther angenommen, und seine Wirkungen sich auch über die Grenzen der Nerven hinaus erstrecken lassen[1], ganz eigentlich aber ist die Hypothese ausführlich durch Reil[2] aufgestellt, durch v. Humboldt[3] weiter ausgeführt, und als durch beide völlig begründet von vielen später angenommen. Indefs hat Rudolphi[4] mit überwiegenden Gründen gezeigt, dafs keine genügende Ursache zur Annahme derselben existirt, diese vielmehr mit bekannten Thatsachen streitet. *M.*

Atmosphäre der Erde.

Dunstkreis; Dunstkugel; Luftkreis (selten Lufthimmel, oder Himmel); *atmosphaera;* atmosphère; *atmosphere;* von ἀτμός Rauch, Dampf, Dunst und σφαῖρα die Kugel; bezeichnet die aus Luft und sonstigen expansibelen Flüssigkeiten bestehende Hülle, welche den Erdball umgiebt, vermöge der Schwere an denselben gebunden ist, mit ihm um seine Axe rotirt, und ihn in seiner Bahn um die Sonne begleitet. Ganz falsch ist daher die Vorstellung, als wenn die Erde in einem für sich bestehenden Luftmeere gleichsam schwämme, indem beide vielmehr ein Ganzes ausmachen, die Höhe der Luft aber, wenigstens bis dahin, wo

1 J. Brown's System der Heilkunde. a. d. Engl. von C. H. Pfaff. 2te Aufl. Kopenh. 1798. 8. p. 154.

2 J. C. Reil Exercitat. Anatomicarum fasc. I. Halae 1796 fol. p. 28.

3 Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Posen und Berlin. 1799 p. 163 ff. und 211.

4 Denkschr. d. Berl. Soc. 1812 — 13. p. 208.

sie noch die uns bekannten Eigenschaften der Luft hat, gegen den Halbmesser der Erde nur sehr klein ist.

Die Form der Atmosphäre ist im Allgemeinen die eines Ellipsoids durch Umdrehung um die kleine Axe entstanden. Wäre die Erde ruhend, so würde sie nach statischen Gesetzen die Kugelform haben, weil eine Flüssigkeit nur in dieser Gestalt zum Gleichgewichte der Anziehung aller ihrer Theile gelangt. *Zwei* Ursachen sind es indefs, welche eine Abweichung hiervon hervorbringen, und die Atmosphäre zu einem Ellipsoide machen, nämlich zuerst die Umdrehung der Erde um ihre Axe, und die hierdurch erzeugte Schwungkraft, welche unter dem Aequator am gröfsten ist, und auch die Abplattung der Erde bewirkt, verbunden mit der hieraus entstehenden geringeren Schwere und also verminderten Anziehung der Erde gegen die auf ihr ruhenden Luftschichten; und *zweitens* die gröfsere Erhitzung der Luftschichten unter dem Aequator durch den Einflufs der Sonnenstrahlen, durch welche sie stärker ausgedehnt und somit leichter werden, folglich auch zur Herstellung des Gleichgewichtes höher seyn müssen. Durch die gemeinschaftliche Wirkung dieser beiden Ursachen erhält die Atmosphäre eine gröfsere Excentricität als die Erde hat, ohne dafs man bei der Ungewifsheit über ihre absolute Höhe und das Gesetz der Wärmeabnahme in derselben ihre Form genau zu bestimmen vermöchte [1]. Berücksichtigt man blofs die Schwungkraft, so zeigt Laplace [2], dafs das Axenverhältnifs des Sphäroids einer mit ihrem festen Körper zugleich um dessen Axe rotirenden Atmosphäre nicht gröfser als 3 : 2 seyn kann. Hinsichtlich der Erhitzung der Luftschichten unter dem Aequator durch die Sonnenstrahlen folgt, dafs hierdurch nicht blofs die Excentricität vermehrt werden mufs, sondern dafs auch die mehr ausgedehnten und dadurch leichteren Luftschichten oben nach den Polen hin abfliefsen, von welchen her die dichteren Luftschichten näher an der Oberfläche der Erde wiederum zum Aequator strömen [3].

---

1 Kirwan in Trans. of the Royal Irish. Acad. 1788. p. 66.

2 Mechanik des Himmels I. III. cap. 7 p. 203 d. Ueb.

3 M. Cor. XXI. 214.

v. Zach[1] findet durch ein einfaches Verfahren wenigstens einen genäherten Werth für die Excentricität des Luftsphäroids, welcher zur Vergleichung der beobachteten mittleren Barometerstände im Niveau des Meeres unter verschiedenen Breiten eine Erwähnung verdient, obgleich die Untersuchung auf keinen absolut sicheren Voraussetzungen beruhet[2]. Sind nämlich l, l'; p, p'; g, g' Höhen, Druck und correspondirende Gewichte zweier Luftsäulen; ϱ die Dichtigkeit derselben; so ist

$$p = g\,\varrho\, l$$
$$p' = g'\varrho\, l' = g'\,\varrho\,(l + \Delta l).$$

Ist dann der Erdradius = a; die Schwere im Niveau des Meeres $= \gamma$; so ist

$$g = \gamma \frac{a^2}{(a+l)^2} = \gamma\left(1 - \frac{2\,l}{a}\right)$$

$$g' = \gamma \frac{a^2}{(a+l')^2} = \gamma\left(1 - \frac{2\,l + \Delta l}{a}\right)$$

also $$\frac{p}{p'} = \frac{1 - \frac{2\,l}{a}}{1 - \frac{2\,l+\Delta l}{a}}$$

und $$\Delta l = (a - 2\,l)\frac{p - p'}{2\,p}.$$

Indem nun p und p' die mittleren Barometerstände an zwei Orten sind, so kann man hieraus Δl oder die Excentricität des Luftsphäroids berechnen, wenn l gegeben ist. Um dieses zu bestimmen, nimmt v. Zach an, daſs die Luft aufhört zu existiren, wenn sie dünner als 0,00001 wird, ihre Dichtigkeit im Niveau des Meeres = 1 gesetzt. Heiſst dann das Verhältniſs der Dichtigkeit der Luft zum Quecksilber d = 1 : 10463, die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft in der Höhe x = q; der Barometerstand im Niveau des Meeres = b; β der Coefficient der Wärmeabnahme, (wel-

---

1 M. C. a. a. O.

2 Die von v. Zach gebrauchten numerischen Werthe, obgleich von den neuesten Bestimmungen etwas abweichend, sind überall beibehalten.

cher früher[1] = 0,000052 gefunden ist) und e die Basis der hyperbolischen Logarithmen; so ist nach Oriani[2]

$$q = \frac{1 - \beta x}{e^{\frac{d}{2b}} \cdot (2x + \beta x^2)};$$

welches für x = 30000, q = 0,000007 giebt, und wonach also l oder die Höhe der Atmosphäre = 30000' oder fast 8 Meilen ist. Nimmt man ferner den mittleren Barometerstand unter dem Aequator bei 20°,8 R. = 337,8 par. Lin., und bei gleicher Temperatur unter 40° — 50° N. B. = 338,824; a = 3271558'; *so ist* $\Delta l = (a - 2l) \frac{p - p'}{2p} = 4881{,}56$. Sieht man dann nahe genau die Atmosphäre als ein elliptisches Sphäroid an, dessen Aequatorial-Durchmesser = a + l = A ist, so wird für die Breite B und die Excentricität e

$$A' = A\left(1 - \frac{e^2 \, Sin.^2 \, B}{1 - e^2 \, Sin.^2 \, B}\right)^{\frac{1}{2}};$$

$$A' - A + 0{,}5 \, A \, e^2 \, Sin.^2 \, B = 0.$$

Es ist aber A = 3271558' + 30000';

$$A' = A - 4881{,}56; \; B = 45°;$$

also e = 0,0059135, und die Abplattung = $\frac{1}{338}$. Die hier gefundene Gröfse beruhet zwar auf einigen, nicht absolut gewifs begründeten Voraussetzungen, allein es ist aus mehreren Gründen nicht wahrscheinlich, dafs die Excentricität des Luftsphäroids bedeutend gröfser ist, als die der Erde, schon wegen des Gleichgewichtes, worin sich das expansibele Fluidum der Luft setzt[3].

Die absolute Höhe der Atmosphäre ist gleichfalls durchaus nicht genau bestimmbar, weil die Hauptbestandtheile derselben expansibele Flüssigkeiten sind, deren untere Schichten durch den Druck der oberen mehr zusammengedrückt werden, so dafs ihre Dichtigkeit von unten nach oben stets abnimmt. Wäre dieses nicht, so liefse sich die Höhe der Atmosphäre eben so leicht als genau nach aërostatischen

1 Mon. Cor. XI. 532.
2 Ephem. Mediol. 1788.
3 Vergl. *Barometer, mittlere Höhe desselben.*

Grundsätzen berechnen. Es ist nämlich oben [1] gezeigt, dafs die auf dem Erdball ruhende Luft durch ihr Gewicht einer Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, deren Höhe durch den jedesmaligen Barometerstand angegeben wird, und welche im Niveau des Meeres im Mittel = 28 p. Z. 2 L. angenommen werden kann [2]. Wäre demnach die Luft überall gleich dicht, so müfste die Atmosphäre bei einem spec. Gew. der Luft unter dem mittleren Barometerdrucke = 1, das des Quecksilbers = 10478 gesetzt eine Höhe von (28 Z. 2 L.) × 10478 = 24594 p. F. haben, mithin kaum über die Spitzen der höchsten Berge reichen. Allein dafs die höheren Luftschichten dünner, folglich gleich schwere auch höher sind, folgt aus der Elasticität der Luft von selbst, und aufserdem haben MARIOTTE und BOYLE aufgefunden, dafs die Dichtigkeit der Luft der zusammendrückenden Kraft direct proportional sey, wie das von ihnen aufgestellte sogenannte *Mariottesche* oder *Boylesche Gesetz* besagt [3]. Wäre dieses letztere absolut richtig, so würde die Atmosphäre unbegrenzt seyn, indem der Druck stets abnimmt, und diesemnach die Schichten immer höher, bei unendlich geringem Drucke aber unendlich hoch werden müfsten. Obgleich aber das Mariottesche Gesetz so weit richtig befunden ist, als die Erfahrung dasselbe zu prüfen vermochte, so zeigt doch eben die Atmosphäre, dafs es nicht für absolut gültig zu halten sey, indem diese nicht unendlich seyn kann. Blofs willkührlich ist indefs MARIOTTE's eigene Angabe, dafs die Luft nur 4096 mal dünner werden könne, als an der Oberfläche der Erde, und ihre gröfste Höhe daher 15 lieues, jede zu 12000 p. F. betrage [4].

LA PLACE nämlich zeigte unlängst ein Mittel, die gröfste Höhe der Atmosphäre, so fern diese der Erde noch angehören soll, zu bestimmen, indem sie nicht höher seyn kann als bis zu dem Puncte, wo die mit der Höhe zunehmende Centrifugalkraft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt [5].

1 *Aërostatik.*

2 *S. Barometer.*

3 S. *Luft.*

4 Essay sur la nature de l'air. Par. 1676. 8. Vergl. de Lüc Unters. über d. Atmosphäre. I. 259. Anm.

5 La Place Système du Monde chap. X.

Dieses tritt da ein, wo ein nicht mehr zur Erde gehörender Körper, ein Mond, in 24 Stunden um die Erde rotiren würde. Setzen wir den mittleren Abstand des Mondes = 60 Erdhalbmesser, seine siderische Umlaufszeit = 27 Tage, und den Abstand des äufsersten Lufttheilchens von der Erdoberfläche = x; so ist nach dem *Keplerschen Gesetze* $27^2 : 1^2 = 60^3 : x^3$, woraus x = 6,66 ... Erdhalbmesser gefunden wird. Ein gleiches Resultat wird erhalten, wenn man direct diejenige Entfernung sucht, in welcher Schwungkraft und Schwere einander gleich werden, und über welche hinaus die Lufttheilchen nicht mehr bei der Erde bleiben können. Es sey die Entfernung eines Körpers im Niveau des Meeres in Erdhalbmessern = 1, seine Schwere durch den Fallraum in 1 Sec. ausgedrückt = 15 F., die Schwere eines andern, in der Entfernung x, = g, so wird, da die Schwere den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist, $x^2 : 1^2 = 15' : g = 2160''' : g$, woraus $g = \frac{2160'''}{x^2}$ folgt. Es ist aber die durch die Umdrehung der Erde unter dem Aequator entstehende Fliehkraft $= \frac{2160'''}{289} = 7''', 474 \ldots$ und da sie bei gleicher Umdrehungszeit zunimmt, wie die Radien, so ist sie in der Höhe $x = x \times 7''', 474 \ldots = f$. Wo Schwere und Fliehkraft sich aufheben ist $g - f = 0$; also $\frac{2160'''}{x^2} = x \times 7''', 474 \ldots$; woraus x = 6,61 .... = 5682,2 .. geogr. Meil. gefunden wird[1]. Jedes Lufttheilchen also, welches durch seine Expansion über diese Höhe getrieben würde, müfste vermöge überwiegender Schwungkraft die Erde verlassen, und es ist also klar, dafs die Atmosphäre nicht über diese Grenze hinausreichen kann. WOLLASTON[2], ohne von diesen Betrachtungen auszugehen, zeigt auf einem andern

1 Nach MELANDERHIELM 3354 schwed. Meil. = 4833 geogr. Meil. G. III. 108.

2 Phil. Trans. 1822. I. p. 89. Ann. of Phil. N. S. IV. 251. G. LXXII. 37.

Wege, dafs die Atmosphäre begrenzt seyn müsse, woraus dann zugleich folgt, dafs das feinste bekannte Materielle, die Luft, nicht unendlich theilbar sey. Wäre dieselbe nämlich nicht etwa durch den unendlichen Raum verbreitet, sondern nur durch den des Sonnensystems, so würden sich der Mond und die übrigen Planeten aus ihr Atmosphären bilden, deren Höhe und Dichtigkeit den Anziehungen, mithin den Massen derselben proportional wären. Allein nicht einmal der nächste Trabant, der Mond hat eine solche Atmosphäre, und umgäbe sie den Jupiter, so müfste die lichtbrechende Kraft bewirken, dafs der vierte Jupiterstrabant hinter seinem Planeten nicht verschwände, da er doch beim Eintritte und Austritte bei seinen Verfinsterungen scharf abgeschnitten wird.

Auf eine sinnreiche Weise hat G. G. Schmidt [1] versucht, die Höhe der Atmosphäre in mindestens sehr genähertem Werthe zu bestimmen, indem er von dem Grundsatze ausgeht, dafs *die Grenze derselben da liegt, wo die spec. Elasticität der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt.* Denkt man sich nämlich eine Luftsäule durchaus von gleicher Temperatur und Dichte, und einer solchen Höhe $= h$, dafs ihre Pressung der Pressung der ganzen Atmosphäre gleich kommt; so würde die dieser Pressung entsprechende Spannkraft die Luft nach dem leeren Raume hin so beschleunigen, dafs in dem Zeitelemente dt eine Geschwindigkeit $= 2dt \cdot \sqrt{gh}$ erzeugt würde; die Schwere dagegen würde in demselben Zeitmomente eine Geschwindigkeit $= 2gdt$ hervorbringen. Beide Wirkungen, und daher auch die sie erzeugenden Kräfte sind also in dem Verhältnifs $= \sqrt{h} : \sqrt{g}$. Hierbei kommt es aber, um die Spannkraft der Luft zu berechnen, vorzüglich darauf an, das Gesetz der Ausdehnung der Luft durch Wärme und die Wärmeabnahme in gröfseren Höhen zu bestimmen, welche erstere Gröfse zwar als vollkommen genau, letztere aber viel weniger für in hinlänglich genähertem Werthe bekannt angenommen werden kann. Indefs wird man sich von der Wahrheit am

---

[1] G. LXII. 310.

wenigsten entfernen, wenn man annimmt, daſs die Wärmeabnahme in der Atmosphäre nach dem leeren Raume hin den jedesmaligen Temperaturen oder Spannkräften der Wärme proportional bleiben müsse. Es ist aber sehr nahe das Verhältniſs der Spannkräfte der Luft bei 0° und 80° R. $= 213 : 213 + 80$, wofür man allgemeiner $c + t : c + x = E : e$ setzen kann. Heiſst dann das Differential der Höhe $= dz$; das zugehörige Differential der Wärmeabnahme $= - dx$; so ist $-\frac{dx}{c+x} = \frac{dz}{a}$; welche Gleichung so integrirt, daſs sie für $c + t$ verschwindet, $z = a \log. nat \left(\frac{c+t}{c+x}\right)$ giebt.

Um die Subtangente dieser logarithmischen Formel, oder die Gröſse a zu erhalten, darf man sie nur für bekannte Höhen $= z$ und bekannte Temperaturen suchen, indem man $a = \frac{z}{\log. (c+t) - \log. (c+x)}$ setzt, wonach Schmidt im Mittel aus zahlreichen Beobachtungen $a = 64493^t$ findet. Nehmt man also, wie oben, die spec. Elasticitäten der Luft im Niveau des Meeres und an der Grenze der Atmosphäre E und e, und setzt die letztere der Schwere gleich: so folgt $E : e = \sqrt{h} : \sqrt{g}$. folglich auch $c + t : c + x = \sqrt{h} : \sqrt{g}$. und hieraus in die oben für z gefundene Formel substituirt; $z = a \log. \sqrt{\frac{h}{g}}$ für die Höhe der Atmosphäre. Substituirt man hierin den für a gefundenen Werth, so findet man für den mittleren Barometerstand im Niveau des Meeres $= 28'' 1{,}3'''$ die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator für 22°,4 R. mittlere Temperatur $z = 104975^t$ oder 27,5 Meilen, und unten Polen für 0° mittlere Temperatur $z = 103518^t$ oder 27,1 Meilen. Dieses Resultat ist gewiſs sehr nahe genau, und man sieht, daſs der Unterschied nicht bedeutend ist, welcher aus der unvollkommenen Bestimmung der Temperatur auf der Oberfläche der Erde entsteht. Wollte man hierbei auch auf die Schwungkraft Rücksicht nehmen, so würde hieraus bei dem Verhältnisse der gefundenen Höhe zum Halbmesser der Erde

kein bedeutender Unterschied hervorgehen. Um so mehr aber beruhet die Schwierigkeit, ein völlig genaues Resultat zu erhalten, auf einer ungenügenden Bestimmung des Gesetzes der Wärmeabnahme in gröſseren Höhen, welches später untersucht werden wird [1].

Wenn es die Aufgabe gilt, nicht die absolute Höhe der Atmosphäre zu bestimmen, sondern diejenige anzugeben, in welcher die noch vorhandene Luft eine gegebene Dichtigkeit hat, so kann diese auf zweierlei Weise gelöset werden. Nimmt man *erstlich* an, wogegen schwerlich mit Grunde etwas einzuwenden ist, daſs das *Mariottesche Gesetz* bis zu einem sehr hohen Grade der Luftverdünnung noch gültig ist, so darf man nur umgekehrt aus der Formel für die barometrischen Höhemessungen diejenige Höhe suchen, welche einem gegebenen Barometerstande zugehört. Das stärkste Vacuum, welches vorzüglich gute Luftpumpen hervorzubringen vermögen, ist etwa 0,5 Lin. und für diese Dichtigkeit der Luft würde die einfache Formel des de Lüc die Höhe $x = 60000 \log. \frac{338,2}{0,5} = 169800$ F. oder $= 7,43$ Meil. geben, wenn man den mittleren Barometerstand im Niveau des Meeres $= 338,2$ L. und die mittlere Temperatur zwischen beiden Stationen beim Mangel näherer Bestimmungsgründe $= 0$ annimmt, die geographische Meile $= 3806,78^t$ gerechnet [2]. Ein ähnliches Resultat erhält Biot [3] nach La Place's Formel, nämlich $x = 18393 \log. \frac{760}{1}$, indem er den mittleren Barometerstand im Niveau des Meeres $= 0^m,76$, in der gesuchten Höhe $= 0^m,001$ und $T + t = 0$ annimmt, welches gerechnet die gesuchte Höhe $= 52986^m$ oder 27186^t, also nahe 12 lieues giebt, die lieue $= 2280^t$ genommen.

Daſs die Luft indeſs einen höheren Grad der Verdünnung erleide, beweiset die Dämmerung, aus welcher zu-

---

1 S. *Erde.*

2 Vergl. de Lüc Unters. üb. d. Atm. §. 794.

3 Astronom. Phys. I. 26.

gleich *zweitens* die Höhe der Atmosphäre bis an diejenige Grenze *gefunden* werden kann, wo die Lufttheilchen das Licht der *Sonne* nicht mehr reflectiren, wie schon ALHAZEN [1] gezeigt hat. Es sey zu diesem Ende c das Centrum der Erde; bfd ein *Bogen* ihrer Oberfläche; sh ein Lichtstrahl, welcher die Oberfläche in d berührt und von a als höchstem reflectirenden Lufttheilchen zurückgeworfen wird, so ist bad = 180° — 2u, also 2u = hab. Es ist aber bei der Kleinheit von asb der Winkel hab = abs = der Neigung der Sonne unter dem Horizonte, nach astronomischen Beobachtungen = 18°, und wenn man die Strahlenbrechung = 33′ annimmt, = 17° 27′, mithin u = 8° 43′,5; und wenn das gemischtlinige Dreieck abf wegen der Kleinheit des Bogens fb als geradlinig genommen wird, af oder die Höhe der Atmosphäre = bf tang. ½ u. Nimmt man der Krümmung wegen ½ u = 4° 22′, den mittleren Halbmesser der Erde = 3268111ᵗ, so giebt die Rechnung die Höhe der Atmosphäre bis an diesen Punct sehr nahe = 38018ᵗ oder fast 10 geogr. Meilen, gerade so hoch wie KEPLER [2] sie gefunden hat. DE LAMBRE [3] nimmt ba = bf = ca. tang. u, den Winkel u aber = 8° 30′, und findet auf diese Weise aus cb. *tang.* 8° 30′. *tang.* 4° 15′ die Höhe der Atmosphäre = 36330ᵗ, oder etwas über 9,5 geograph. Meilen. Indem es interessant ist, das Verhältniſs der Erde zu ihrer Atmosphäre deutlicher zu übersehen, so ist dasselbe für beide Gröſsen dargestellt, indem c das Centrum der Erde, die innere Linie einen Bogen der Erdoberfläche, die punctirten aber die Grenzen der Atmosphäre für 10 Meilen und für 27 Meilen Höhe derselben darstellen, wovon die erste $\frac{1}{86}$stel, die zweite $\frac{1}{8}\frac{2}{6}$stel des Erdhalbmessers beträgt.

Fig. 91. Fig. 92.

Daſs die Grenze der Atmosphäre da nicht sey, wo die Dichtigkeit der Luft nicht gröſser ist als in der guericke-

1 De crepusculis prop. ult. in Risneri Thesaur. Opt. Basil. 1572. Folio.

2 Epit. Astron. Franc. 1635. 8. p. 73. LA HIRE findet 34585ᵗ. Hist. de l'Ac. 1713. p. 58. Vergl. HALLEY in Phil. Tr. N. 181.

3 Astronomie théorique et pratique. Par. 1814. 3 T. 4. III. 337.

schen Leere unter dem Recipienten, welcher durch eine vorzüglich gute Luftpumpe luftleer gemacht ist, oder bei etwa 7 geograph. Meilen, dieses geht evident daraus hervor, dafs die Grenze der Strahlenbrechung noch bedeutend höher liegt. Aber auch hier ihre Grenze nicht anzunehmen, dazu führt mindestens mit hoher Wahrscheinlichkeit die Betrachtung von G. G. Schmidt, und es ist sehr zu vermuthen, dafs die Atmosphäre wirklich nicht höher reicht, als bis zu der, auf diesem Wege gefundenen Höhe, d. h. etwa bis 28 oder höchstens 30 geograph. Meilen. Obgleich nämlich die absolute Höhe, über welche sie auf keine Weise sich erstrecken kann, oben viel höher, nämlich zu 6,6 Erdhalbmessern oder 5676 geograph. Meilen gefunden ist, so läfst sich doch leicht darthun, dafs die Dichtigkeit der Luft über die zu 30 Meilen angegebene Grenze hinaus, bis zu einer über alle Vorstellung geringen Gröfse abnimmt, und dafs die noch höher liegenden Luftschichten ganz eigentlich in ein Nichts verschwinden, vorausgesetzt, dafs das *Mariottesche Gesetz* auch bis in so grofse Höhen gültig bleibt, ohne welche Voraussetzung indefs jeder Grund zur Annahme einer gröfseren Höhe der Atmosphäre, als wo sie die Lichtstrahlen bricht, oder wo ihre spec. Elasticität mit ihrer Schwere ins Gleichgewicht kommt, von selbst wegfallen würde. Um dieses deutlicher zu machen, darf man nur die Dichtigkeiten der Luft in zunehmenden Höhen, diejenige im Niveau des Meeres = 1 gesetzt, berechnen. Hutton[1] zeigt aus der auf englisches Mafs reducirten Formel für das barometrische Höhenmessen, dafs die Luft bei 7 engl. Meilen Erhebung nahe genau 4 mal dünner wird, und da das Mariottesche Gesetz eine geometrische Reihe der Verdünnungen fordert, so läfst sich hieraus leicht folgende Tabelle berechnen, welche auch auf andere Mafse reducirt werden kann, wenn man die engl. Meile = 1760 Yards setzt, und berücksichtigt, dafs sehr nahe 4,6 engl. Meilen eine geographische ausmachen.

1 Dict. I. 183.

Höhe in eng. M.	Gröfse der Verdünnung.
3,5	2 fache
7	4
14	16
21	64
28	256
35	1024
42	4096
49	16384
56	65536
63	262144
70	1048576

Sucht man diese Gröfsen genauer und für noch gröfsere Höhen, so kann dieses auf folgende Weise geschehen, wenn man den unbestimmbaren Einfluſs der Temperatur, als im Wesentlichen nicht entscheidend, vernachlässigt. Die Dichtigkeit der Luft ist nämlich jederzeit der Höhe der Quecksilbersäule im Barometer proportional. Setzt man dieselbe daher im Niveau des Meeres und bei einem Barometerstande H, = 1, so ist sie, in einer gegebenen Höhe x und bei einem Barometerstande h, $= \frac{h}{H}$. Es ist aber nach de Lüc $x = 10000^t \log. \frac{H}{h}$, und wenn hierin x in geographischen Meilen zu 3807^t als bekannt = A angenommen wird, so findet man $\log. h = \log. H - \frac{A}{10000}$, und wenn hieraus h bekannt ist, und H = 28 Z. = 336 Lin. angenommen wird, so findet man für die verschiedenen Höhen leicht die Dichtigkeiten der Luft $d = \frac{h}{H}$ in Decimalbrüchen der Dichtigkeit der Luft im Niveau des Meeres als Einheit angenommen, welches folgende Tabelle giebt, worin die Columne links die Höhe über der Meeresfläche in geographischen Meilen, die rechts aber die zugehörige Dichtigkeit der Luft enthält.

0,5	0,645
1	0,416
2	0,172
3	0,0721
4	0,0300
5	0,0123
6	0,0052
7	0,00216
8	0,00090
9	$0,00037\overset{I}{5}$
10	$0,00015\overset{I}{6}$
15	$0,\ .\ \overset{I}{1}98$
20	$0,\ .\ \overset{I}{0}0243$
25	$0,\ .\ .\ 30\overset{II}{3}$
30	$0,\ .\ .\ .\ \overset{II}{3}88$
35	$0,\ .\ .\ .\ \overset{II}{0}0473$
40	$0,\ .\ .\ .\ .\ 59\overset{III}{1}$
45	$0,\ .\ .\ .\ .\ .\ \overset{III}{7}38$
50	$0,\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ 9226\overset{IV}{1}$
60	$0,\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ 14\overset{IV}{4}$
70	$0,\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ 6224\overset{V}{1}$
80	$0,\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ \overset{V}{0}35$
90	$0,\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ 54\overset{VI}{6}$
100	$0,\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ 852\overset{VII}{8}$

Man sieht hieraus, daſs die Luft bei 30 Meilen Höhe schon mehr als ein Viertelbillionmal dünner ist, als auf der Oberfläche der Erde, welche Feinheit schon über unsere deutliche Fassungskraft hinausgeht; daſs sie bei 45 Meilen Höhe

Ff 2

mehr als 75 billionenmal dünner sey, sagte schon Newton [1], allein wenn wir die Höhen bis zu 80 oder 100 Meilen verfolgen, und hier in die Quinctillionen und Septillionen ihrer Dichtigkeit kommen, so begreift man leicht, daſs die Atmosphäre sich so weit *nicht* erstrecken kann, indem solche Gröſsen für den Begriff der Luft *nicht* mehr passen. Mairans [2] Meinung also, daſs die Atmosphäre bis 200 oder 300 lieues reiche, weil die Nordlichter sich *so* hoch erstrecken sollten, ist schwerlich zulässig, und beruhet ohnehin auf falschen Vorstellungen vom Nordlichte; die Annahme des de la Metherie [3] aber, daſs sie mehrere tausend Meilen hoch sey, ist durchaus unbegründet.

Verlangte man die absolute Menge der Luft zu wissen, woraus die Atmosphäre besteht, so läſst sich dieselbe als eine hohle Kugel betrachten, welche die Erde umgiebt. Um indeſs den Inhalt dieser zu bestimmen, übergeht man am besten die ungewisse Höhe und die Schwierigkeit wegen abnehmender Dichtigkeit derselben, und betrachtet sie vielmehr als eine hohle Kugel Luft von derjenigen Dichtigkeit, welche ihr im Niveau des Meeres eigen ist. Hiernach würde in Gemäſsheit der oben angenommenen Bestimmungen ihre Höhe bei gleichmäſsiger Dichtigkeit = 24594 F. = 4099^t seyn. Setzt man diese = r, den Halbmesser der Erde aber = 3'268111^t = R, so wäre der Inhalt dieser Luftkugel I = $\frac{4}{3}\pi\,[(R+r)^3 - R^3]$ = 552077''300000'000000, oder nahe eine halbe Trillion Cub. Toisen, deren Gewicht, den Cub. F. zu 0,08 Pf., also die Cub. Toise = 17,28 Pf. gesetzt, 9'''539895''740000'000000, also $9\frac{1}{2}$ Trillion Pfund beträgt [4].

Indem die Atmosphäre im Allgemeinen aus gasförmigen Substanzen besteht, welche schwer und zugleich expansibel sind, so muſs sie an der Oberfläche der Erde am dichtesten

---

1 Princ. III. prop. X. theor. X. Vergl. Schubert popul. Astron. III. 386.

2 Traité sur l'Aurore bor. Sect. II. ch. 3.

3 Theorie d. Erde d. Ueb. p. 173.

4 Thomson in Système de Chimie III. 201 rechnet . . . . . 85594''456004'795636 Myriagrammes.

seyn, und mit zunehmender Höhe an Dichtigkeit abnehmen. Berücksichtigt man bloſs das Mariottesche Gesetz, so würde die Atmosphäre nach diesem aus einer beliebigen Menge gleich hoher concentrischer Schichten bestehen, deren Dichtigkeit in einer geometrischen Progression abnähme. Weil indeſs die Luft auch durch die Wärme ausgedehnt wird, diese aber mit der Erhebung über die Oberfläche der Erde gleichfalls abnimmt, so muſs man das Gesetz dieser Abnahme genau kennen, wenn man die Abnahme der Dichtigkeit der einzelnen concentrischen Luftschichten bestimmen will. Die hierher gehörigen Untersuchungen werden unter den Artikeln: *Erde* (Temperatur derselben), *Höhenmessungen* (barometrische) und *Strahlenbrechung* abgehandelt.

Ob die äuſsersten Grenzen der Atmosphäre aus andern Stoffen als aus atmosphärischer Luft bestehen, und ob es auſserhalb der Atmosphäre noch eine oder mehrere Atmosphären anderer und feinerer Stoffe giebt, ist oft gefragt und vielfach untersucht [1]. Nach den bekannten Erfahrungen, daſs verschiedene Gasarten durch gegenseitige Anziehung sich ihrem statischen Verhalten zuwider vermischen, und daſs die Atmosphäre mit zunehmender Höhe an Feuchtigkeit eher ab- als zunimmt, haben wir keine Ursache, eine höhere, die gewöhnliche Luftatmosphäre begrenzende, anzunehmen. Will man aber eine elektrische, magnetische, ätherische, aus Dämpfen oder sonst aus unbekannten Potenzen bestehende Atmosphäre dorthin versetzen, so beruhet dieses auf bloſsen Hypothesen, und ist daher einer gründlichen Naturforschung nicht angemessen.

Die Temperatur der Atmosphäre wird durch diejenige Wärme hauptsächlich bedingt, welche die Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Erde erzeugen. Indem aber die Atmosphäre selbst der Erde zugehört, so kann dieser Gegenstand hier nicht vollständig untersucht werden, sondern fällt mit den Bestimmungen der Erdwärme zusammen, und es mag hier die allgemeine Bemerkung genügen, daſs die Wärme mit der Erhebung über die Oberfläche der Erde

---

1 Melanderhielm bei G. III. 111. Vergl. *Aether*.

in einem noch nicht genau aufgefundenen Verhältnisse abnimmt [1].

Die Luft, woraus die Atmosphäre besteht, galt ehemals für ein Element, aus welchem Wasser, und aus diesem wieder feste Körper gebildet werden könnten. Boyle behauptete zuerst, sie bestände aus eigentlicher Luft und Wasser im Zustande der Expansion, nebst sonstigen, von der Erde aufgestiegenen beigemischten Substanzen, welche ihren schädlichen Einfluſs auf die Gesundheit bedingten. Nachdem man seit Priestley, Scheele, Cavendish, Black, Lavoisier u. a. die verschiedenen Gasarten stets genauer kennen gelernt hatte, erkannte man bestimmter die Bestandtheile der atmosphärischen Luft, indem man sie hauptsächlich vermittelst der Eudiometer und Anthrakometer zerlegte, woraus hervorgeht, daſs sie dem Gewichte nach aus 23,299 *Sauerstoff* und 76,701 *Stickstoff* [2], oder dem Volumen nach aus 78,999 Th. Stickstoffgas, 21 Th. Sauerstoffgas, 0,001 *Kohlensäure* im Mittel, als wesentlichen Bestandtheilen, daneben aber aus einer wechselnden Menge *Wasserdampf*, aus einer unbestimmbaren Quantität *Wasserstoffgas*, und zum Theil in Dampfform, zum Theil mechanisch fortgerissener Substanzen besteht, auſserdem aber noch die wenig bekannten, bloſs durch ihre Wirkungen wahrnehmbaren *Miasmen* enthält, aus welchen ihr nachtheiliger Einfluſs auf das Leben und die Gesundheit hauptsächlich der Menschen, weniger der Thiere, entspringt.

Die eigentlichen constituirenden Bestandtheile der atmosphärischen Luft sind also *Stickstoffgas* und *Sauerstoffgas*, welche nach unzweifelhaften Versuchen in allen Gegenden der Erde, zu allen Jahrszeiten, in der Höhe wie in der Tiefe, im Freien wie in Zimmern und selbst in Opernhäusern und Krankensälen in sehr nahe ganz gleichem quantitativen Verhältnisse vereinigt sind [3]. Sobald nämlich die Eudiometer einen genügenden Grad der Genauigkeit erhalten

---

1 S. *Erde*.

2 Thomson Système de Chim. III. 212.

3 Vergl. Prevost über die Mischung der atmosphärischen Luft in Bibl. univ. T. 124. II. 194.

hatten, überzeugte man sich immer mehr von diesem constanten Mischungsverhältnisse. Schon SCHEELE[1] behauptete diese Gleichheit nach seinen Versuchen mit Schwefeleisen, obgleich seine Angabe von $\frac{9}{33}$ oder 0,28 Sauerstoffgas in der Atmosphäre zu grofs, von ihm aber auch nur als genäherter Werth aufgestellt ist. Die umfassendste Untersuchung dieses Gegenstandes stellte v. HUMBOLDT an, welcher indefs aus Mangelhaftigkeit der eudiometrischen Versuche den Sauerstoffgasgehalt zwischen 0,23 und 0,29 schwankend fand[2], später in der auf dem Pic von Teneriffa 11424 F. hoch aufgefangenen Luft nur 0,19, und in der unter 10° 30′ N. B. befindlichen gar 0,30 gefunden haben wollte[3].

Nach dieser Zeit haben sich die Untersuchungen dieser Frage ausnehmend vermehrt, wodurch das Resultat einer constanten Quantität von Sauerstoffgas über allen Zweifel erhoben wurde. CAVENDISH untersuchte die Luft zu Kensington und London, SPALLANZANI zu Pavia und auf den Appeninen bei Modena, BERTHOLLET in Aegypten und in Paris, DE MARTY in Spanien, VOLTA auf dem Gotthard und an vielen andern Orten, DAVY zu Bristol und am Ausflufs der Saverne, BEDDOES die Luft, welche ihm von der Küste Guinea's zugesandt war[4], und alle erhielten gleiche Resultate. BIOT fand ein constantes Mischungsverhältnifs der atmosphärischen Luft bei vielen Versuchen auf seiner Alpenreise[5] und v. HUMBOLDT auf dem Antisana in 2773′ Höhe 0,218 Sauerstoffgas, 0,774 Stickstoffgas und 0,008 Kohlensäure[6]. BERGER stellte die gröfste Reihe von Versuchen an den verschiedensten Orten an, z. B. in der Ebene von Genf, auf den Eisfeldern des Mont Cervin, auf der Bergkette zwischen Sallenche und Annecy, auf dem Salève, dem Jura, im Chamouni-Thale und dem von Aosta, im Walliserlande u. s. w., fand aber im Mittel aus verschiedenen Versuchen

---

1 Opusc. chem. et phys. Lips. 1788. I. 193. J. de Ph. XVIII. 79.

2 Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises u. s. w. Braunsch. 1799. 8.

3 G. IV. 443.

4 Bibl. brit. Nro. 134. p. 250.

5 G. XXVI. 101.

6 Voigt Mag. V. 474.

allezeit 0,21 Sauerstoffgas[1]. Ein gleiches Resultat erhielt SEGUIN bei der Untersuchung der Luft aus den mit vielen Menschen lange erfüllten Theatern[2], desgleichen EDMUND DAVY, als er die aus den Hospitälern zu Cork genommene Luft mit der auf dem Observatorio daselbst aufgefangenen verglich[3], und CONFIGLIACHI[4] mit der Luft von der Oberfläche der bewässerten Reisfelder. Auch diejenige Luft, welche GAY-LUSSAC von seinem aërostatischen Auffluge mitbrachte, hatte ein gleiches Mischungsverhältniſs als die aus den Ebenen von Paris, und 19 Versuche, welche er nebst v. HUMBOLDT mit atmosphärischer Luft anstellte, welche an verschiedenen Tagen und bei der verschiedensten Beschaffenheit der Temperatur, des Barometerstandes und der Witterung aufgefangen war, gaben übereinstimmend 0,21 Sauerstoffgas mit 0,002 gröſster Differenz der erhaltenen Resultate[5].

Abweichungen von diesen Resultaten sind daher offenbar falsch, wie die mit einem Phosphor-Eudiometer von GIOBERT erhaltenen, wonach die Luft in Turin und Vaudier zwischen 0,24 bis 0,33 Sauerstoffgas enthalten soll[6]; andere sind zweifelhaft, vielleicht aber durch örtliche Einschlieſsungen erklärbar, wie z. B. daſs BISCHOF[7] die Luft in den Steinkohlengruben der Mark von 0,2258 Sauerstoffgasgehalt fand. Auch nach HERMBSTÄDT[8] soll die Luft 5 F. über dem Spiegel der Ostsee aufgefangen 0,215; 16 F. über demselben 0,205 und 24 F. vom Ufer landwärts 0,200 Sauerstoffgas enthalten haben, KRÜGER[9] dagegen fand durch genaue Versuche die Luft über der See unbedeutend weniger Sauerstoffgashaltig, als über dem Lande, indem er in jener bleibend nur 0,2059 Sauerstoffgas erhielt.

---

1 J. de Ph. LVI. 372. G. XIX. 412.
2 Ann. de Chim. LXXXIX. 251.
3 Ann. of Phil. XI. 214.
4 L. Gmelin Chemie. I. 293.
5 J. de Ph. LX. 129. G. XX. 38.
6 J. de Ph. XLVII. 197.
7 Schweig. J. N. F. IX. 303.
8 Schweig. XXXII. 284.
9 G. LXVI. 93.

Die durch eine überwiegende Menge von Erfahrungen genügend begründete Ueberzeugung von dem constanten Mischungsverhältnisse der beiden Hauptbestandtheile der atmosphärischen Luft mufste nothwendig die Frage herbeiführen, woher das durch die zahlreichen Processe des Athmens, Verbrennens, Oxydirens, Säuerns u. s. w. verzehrte Sauerstoffgas wieder ersetzt werde. Nur wenige Hypothesen sind zur Beantwortung dieser Frage aufgestellt, z. B. das elektrische Processe in höheren Regionen dasselbe wieder erzeugten, oder dafs die Quantität des verzehrten so geringe sey, namentlich nach Prevost[1] in 100 Jahren nur $\frac{1}{7200}$stel der ganzen Luftmasse betrage, wenn man die Consumtion durch die lebenden Wesen allein berücksichtigt. Allein hiergegen bemerkt Berzelius[2] mit Recht, dafs solche Berechnungen sehr unsicher sind, und dafs kein muthmafslicher Grund für die Abnahme der Quantität des Sauerstoffgas, so weit die Geschichte reicht, vorhanden sey. Aufserdem aber ist die Consumtion desselben durch die Respiration bei weitem die geringste, und diejenige bei weitem überwiegender, welche durch zahlreiche anderweitige Processe statt findet.

Am meisten Beifall hat die Behauptung gefunden, welche zuerst Priestley[3] aufstellte und durch viele wiederholte Versuche zu bestätigen suchte, dafs nämlich die Vegetabilien Kohlensäure zerlegen und durch den Einflufs des Sonnenlichtes Sauerstoffgas aushauchen. Vorzüglich traten Ingenhousz[4] Bonnet[5] und Sennebier[6] dieser Meinung bei, andere dagegen bestritten dieselbe, unter denen vorzüglich Th. de Saussüre das meiste Gewicht hat[7]. Aus einer zahl-

---

1 Bibl. univ. II. 194 ff.

2 Chemie I. 257.

3 Experiments and observations on air and natural Philosophy. Birming. 1774—1786. 3 V. 8. Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre. A. d. Fr. Wien und Leipz. 1780 und 82. 8.

4 Versuche mit Pflanzen u. s. w. A. d. Fr. von Scherer 2te Auflage. Wien 1786—90 dessen verm. Schriften I. 341. Phil. Trans. LXXII. 426.

5 Ueber den Nutzen der Blätter bei Pflanzen. A. d. Fr. Nürnb. 1762. 4.

6 Physikalisch-chemische Abhandlungen. A. d. Fr. Leipz. 1785. 4 Bde. 8.

7 Recherches chimiques sur la Végétation. Par. an XII. Im Ausz. in J. d. Ph. LIII. 393. G. XVIII. 208.

reichen Reihe von Versuchen mit lebenden Pflanzen, welche er über Quecksilber mit einer dünnen Schicht Wasser sperrte, gelangte er zu dem *Resultate*, dafs die grünenden Pflanzen im Sonnenlichte nur so viel Sauerstoffgas aushauchen, als sie im Schatten absorbiren, dafs die Blumen und *andere nicht grünende* Theile derselben Stickgas entbinden, die grünenden Theile aber allerdings das kohlensaure Gas zerlegen. Dabei machte er zugleich die Bemerkung, dafs diejenigen Blätter, welche am längsten, ohne zu verderben, in einer sehr feuchten Temperatur aushalten können, das *reinste Sauerstoffgas* und zugleich am längsten aushauchen, und dafs überhaupt die Quantität desselben anfangs gröfser ist, als nachher.

Durch eine *Prüfung* der bedeutendsten früheren Versuche und zwei Reihen eigends zu diesem Zwecke angestellter suchte ich im Jahre 1809 zu zeigen[1], dafs bei diesen Untersuchungen sehr leicht *Täuschungen* eintreten können, indem ein ungestörtes vegetatives Leben der Pflanzen zur Hervorbringung des Sauerstoffgas durchaus erforderlich ist, welches in engen und beschränkten Räumen nicht statt finden kann. Aufserdem ist zwar die atmosphärische Luft keine chemische Verbindung, allein das constante Mischungsverhältnifs derselben zeigt doch zur Gnüge, dafs nur dieses, und kein anderes Verhältnifs jederzeit das Bestreben hat, wieder hergestellt zu werden, und die Pflanzen können daher diesem Naturgesetze gemäfs, und um überhaupt in die Ordnung der Natur zu passen, nur dann und gerade so viel Sauerstoffgas hergeben, als *erfordert* wird, das aufgehobene Gleichgewicht wieder herzustellen. Zu meinen, vorzüglich den letzteren Versuchen benutzte ich daher die grünenden Pflanzen im Zustande einer günstigen Vegetation nur so lange, als die dem Pflanzenleben bekanntlich nachtheilige Sperrung den Vegetationsprocefs nicht wesentlich zu stören vermochte, um im Einklange mit den durch v. Saussüre er-

---

1 G. W. Muncke bei G. XXXIII. 428. XXXIV, 296. Eine ausführliche zugleich die Resultate noch einer Reihe von Versuchen enthaltende Abhandlung habe ich später an die Soc. d. W. zu Harlem gesandt, welche nicht gedruckt ist.

haltenen Resultaten die stärkste Entwickelung von Sauerstoffgas zu erhalten, entzog die erzeugte Quantität dieser Gasart durch lebende Thiere, fand die allgemein anerkannte Zerlegung der Kohlensäure bestätigt, und suchte durch eine, aus leicht begreiflichen Gründen nur genäherte Resultate gebende Rechnung zu beweisen, dafs die Quantität des auf diese Weise erzeugten Sauerstoffgas allerdings hinreiche, den beständigen Abgang desselben zu ersetzen, um so mehr als eine Zerlegung der Kohlensäure durch die Pflanzen aus allen genauen Versuchen hervorgeht, und die gröfste Menge des verzehrten Sauerstoffgas in Kohlensäure und Wasser, beide zum Wachsthum und zur Ernährung der Pflanzen erforderlich, verwandelt wird.

Unter denjenigen, welche später diesen nämlichen Gegenstand untersucht haben, sind nur wenige diesen Ansichten beigetreten, z. B. Gilby[1], vorzüglich aber H. Davy[2] in Gemäfsheit seiner, mit wirklich vegetirenden Pflanzen angestellten Versuche; die meisten dagegen sind entgegengesetzten Meinung, z. B. Saussüre d. j.[3] Ruhland[4], welcher übrigens die längst verworfene Methode, abgeschnittene Blätter unter Wasser zu sperren, abermals befolgte, Tatum[5] nach durchaus ungenügenden Versuchen u. a. Neuerdings hat Grischow[6] die Frage abermals untersucht, und schliefst aus seinen zahlreichen, auch sonst für die Pflanzenphysiologie interessanten Versuchen, dafs gesunde Pflanzen allerdings die Kohlensäure zerlegen, zugleich aber das im Sonnenlichte ausgehauchte Sauerstoffgas bei Nacht wieder verschlucken. Nach allem diesem scheinen also die Pflanzen die Kraft nicht zu besitzen, den Abgang des Sauerstoffgas der Atmosphäre wieder zu ersetzen, wogegen Berzelius[7] noch

---

1 Edinb. Phil. J. 1821. N. VII. Ann. de Chim. et de Ph. XVII. 64.

2 Elemente d. Agrikultur - Chemie d. Ueb. p. 252.

3 G. LIV. 221.

4 Schweig. J. XIV. 371.

5 Aus Phil. Mag. 1817. July p. 42. mit Anmerk. von Bischof bei Schweig. XXIII. 234.

6 Physikalisch - chemische Untersuchungen über die Athmungen der Gewächse. Leipz. 1819. 8. Schweig. J. XXXI. 449. XXXIV. 260.

7 Chemie I. 257.

aufserdem das Argument anführt, dafs der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre im Winter wie im Sommer, über Eisfeldern und Sandwüsten wie über grünenden Feldern stets gleich ist, und es müfste also diese wichtige Frage noch für unentschieden gehalten werden. Wenn man indefs berücksichtigt 1. dafs nach allen Beobachtungen grünende Pflanzen die Kohlensäure zerlegen und in Sauerstoffgas verwandeln[1] (mit Ausnahme der verwelkenden Blätter und der Blumen, welche nach Saussüre[2] vielmehr Sauerstoffgas verzehren und Kohlensäure aushauchen); 2. dafs in Vergleichung mit den ungeheuer ausgedehnten grünenden Flächen alle Versuche in einem sehr kleinen Mafsstabe angestellt werden, und somit nur geringe, kaum bemerkbare Resultate geben können; 3. dafs die eingesperrten Pflanzen nie im vollkommenen Zustande der Vegetation sind, so wie die in freier Luft wachsenden, und daher nur von der geringen Zeit der noch fortdauernden wirklichen Vegetation ein richtiges Resultat zu erwarten ist; 4. dafs die Pflanzen der Natur der Sache gemäfs nur den Abgang des Sauerstoffgas in der Atmosphäre ersetzen können und dürfen, mithin gerade dieser und kein anderer Zustand der Atmosphäre geeignet ist, das entbundene Sauerstoffgas aufzunehmen; 5. dafs nicht blofs die Anhänger dieser Hypothese, sondern selbst die entschiedensten Gegner derselben das Aushauchen des Sauerstoffgas, oft selbst in bedeutender, das constante Mischungsverhältnifs der Atmosphäre aufhebender Quantität, beobachtet haben, dafs aber das, in der Nacht erfolgende Wiederverzehren derselben durch ihren, aus der Einsperrung folgenden, krankhaften Zustand nur zu leicht erklärlich ist; 6. dafs endlich diese Theorie mit dem Mischungsverhältnisse der Pflanzen und mit der Wechselwirkung der Kräfte und der Bestandtheile der Natur vollkommen im Einklange steht; so darf man um so weniger anstehen, die Wiedererzeugung des Sauerstoffgas der Atmosphäre von der Pflanzenwelt abzuleiten, als sonst kein mögliches Mittel zur Erklärung dieses Phänomen's vorhanden ist. Das von vielen hingegen vorgebrachte, zuletzt

1 Saussüre Ann. de Chim. et Ph. XIX. 143.

2 Ann. de Chim. et de Phys. XXI. 279.

genannte Argument, nämlich dafs das Mischungsverhältnifs der Atmosphäre im Winter und im Sommer gleich ist, kommt gar nicht in Betrachtung, indem die Quantität des jederzeit verzehrten Antheils im Verhältnifs zur Menge der Luft überhaupt nur geringe ist, durch Strömungen und Stürme ein stetes Mischen derselben statt findet, und für die geringe Geschwindigkeit einer Bewegung von 6 lieues auf eine Stunde binnen 8 Tagen Luft vom Aequator und vom Pole zusammentrifft[1].

Wasserstoffgas findet sich in mefsbarer Menge nirgend in der atmosphärischen Luft, aufser neben den Kratern der Vulcane, und seine Quantität ist nach Humboldt und Gay-Lüssac überhaupt so geringe, nämlich unter 0,003; dafs man noch kein Mittel kennt, die Anwesenheit desselben nachzuweisen[2], wenn es überhaupt vorhanden ist. Wegen der Leichtigkeit desselben hat man vermuthet, dasselbe müsse vorzüglich in gröfseren Höhen angetroffen werden; allein die Luft, welche Gay-Lüssac von seinem aërostatischen Auffluge aus 6636^{m} = 20428 F. mitbrachte, liefs

1 Gay-Lüssac Ann. de Chim. et de Ph. II. 199. Bei der so vielfach untersuchten Frage über die Wiedererzeugung des Sauerstoffgas hat man vorzüglich die Verzehrung desselben durch die Respiration im Auge gehabt. Allein es läfst sich auch ohne Berechnung leicht übersehen, dafs dieser Antheil bei weitem der geringste ist. Ohne Vergleich gröfser ist nämlich diejenige Quantität, welche zum Verbrennen und überhaupt zur Zersetzung der Vegetabilien erfordert wird. Berücksichtigt man die durch beide Processe, den Athmungs- und Pflanzen-Zersetzungs-Procefs, entstehenden Producte, nebst der Verwendung der Pflanzen überhaupt und der Wechselwirkung zwischen der Thier- und Pflanzenwelt, so leidet es wohl keinen Zweifel, dafs das durch diese beiden genannten Processe verzehrte Sauerstoffgas durch die Vegetation wieder ersetzt wird. Weit schwieriger ist die Frage in Beziehung auf denjenigen Antheil Sauerstoffgas, welcher durch die Bildung von Säuren (z. B. Schwefelsäure) und Oxyden zwar in geringer, aber doch immer in mefsbarer Quantität verzehrt wird. Aber auch in dieser Hinsicht dürfte es nicht zu gewagt seyn, anzunehmen, dafs die auf diese Weise erzeugten Producte durch die Animalien und vorzüglich durch den Kohlenstoff auf der Oberfläche der Erde wieder zersetzt werden, und auf diese Weise endlich als Kohlensäure ihren Antheil Sauerstoffgas durch die Vegetabilien der Atmosphäre wieder abgeben.

2 Thomson Système de Chim. III. 224.

keine Spur daran wahrnehmen[1]. Uebrigens ist die Quantität des reinen und unreinen Wasserstoffgases, welches stets von der Erde aufsteigt, keineswegs unbedeutend. PARROT[2] berechnet, dafs, wenn von 1 Quad. Z. Oberfläche in 24 Stunden nur 0,0001 Cub. Z. entstände, dieses in einem Jahre doch fast 14 Bill. Cub. F. betragen würde. Entbunden wird dasselbe aber vorzüglich aus Sümpfen und Morästen, aus zersetzten thierischen Substanzen, durch animalische Ausdünstung, durch trockne Destillation des Holzes bei der Verkohlung und in geringer Quantität im Dufte der Blumen. LAVOISIER meinte daher schon, dafs diese Gasart in die oberen Regionnen aufsteige, von dort hauptsächlich in den äquatorischen Gegenden auf der Oberfläche der Atmosphäre nach den Polen hinströme, und durch sein Verbrennen manche feurige Meteore, namentlich die Nordlichter erzeuge, eine Idee, welcher verschiedene andere Naturforscher beigetreten sind[3]. Indefs streitet hiergegen, wie unter andern DALTON[4] richtig bemerkt, die Eigenschaft dieser Gasart, sich mit der Atmosphäre gleichmäfsig und ohne Einflufs seines spec. Gew. zu mischen. Indem nun die Hypothesen, wonach dasselbe in den höchsten Regionen verbrennen und dadurch die feurigen Meteore bilden, oder im Gewitter mit Sauerstoffgas verbunden zur Erzeugung der heftigen Regen explodiren soll, gegenwärtig als durchaus unhaltbar anzusehen sind, so bleibt nichts weiter übrig, als eine durch den Einflufs des Lichtes und vielleicht auch anderer Potenzen statt findende langsame Verbindung desselben mit dem Sauerstoffgas der Atmosphäre zu Wasser anzunehmen[5].

Die Kohlensäure ist kein wesentlicher Bestandtheil der atmosphärischen Luft, indem die Menge derselben wechselt. Durch die vielen Processe des Verbrennens von Kohlen, des Athmens und des Vermoderns kohlenstoffhaltiger

1 J. d. Ph. LIX. 454. G. XX. 35.

2 Physik. III. 408. Vergl. Ingenhousz Nouvelles Experiences sur divers obj. de Phys. I. 289.

3 H. Robertson on the atmosphere 1808. 2 Vol. 8.

4 Mem. of Manchester. V. 535.

5 Fischer in Allgem. Nord. Ann. III. 125.

Substanzen, insbesondere der Gewächse, durch die verschiedenen Gährungen u. s. w. wird indeſs eine solche Menge erzeugt, daſs sie sich überall, auch selbst in gröſseren Höhen findet. Ehemals gab man die Menge derselben viel zu groſs an. Gehler[1] z. B. nennt $\frac{1}{16}$ des Ganzen, Girtanner nach Schätzung 0,01. Der erste, welcher dieses genauer untersuchte, war v. Humboldt, welcher vermittelst eines eigends zu diesem Zweck erfundenen Messwerkzeuges, des *Anthrakometers*, die Menge derselben zwischen 0,018 und 0,005 fand[2]. Die späteren Angaben sind in der Regel geringer, und Berzelius[3] bestimmt diesen Antheil im Mittel nur zu 0,001, welches auch als richtig angesehen werden kann, wenn nicht örtliche Einwirkungen eine Vermehrung dieses Antheils herbeigeführt haben. Dalton[4] giebt ihre Menge noch geringer an, nämlich nur = 0,00071, wogegen aber Thomson[5] sehr richtig bemerkt, daſs diese Gröſse, durch Versuche mit Kalkwasser gefunden, wahrscheinlich zu klein ist, und man im Mittel 0,001 annehmen muſs. Dieses gilt indeſs nur von reiner atmosphärischer Luft, wie sie sich über dem Lande befindet, das Meer aber entzieht nach Versuchen von Vogel[6] über der Ostsee und im Kanal bei Dieppe angestellt, der Atmosphäre die Kohlensäure so stark, daſs kaum eine Spur davon zurückbleibt. In Zimmern dagegen, welche mit Menschen erfüllt sind, in Krankensälen, Schlafkammern u. s. w. ist ihre Quantität gröſser, wie z. B. in der Luft aus den Hospitälern in Cork 0,01 Kohlensäure mehr, als in der des Observatoriums daselbst[7], und in einem Saale, worin 200 Menschen 2 Stunden geathmet hatten, durch Dalton[8] 0,01 gefunden wurde. In Kellern endlich oder in Gewölben, in denen diese schwerere Gasart niedersinkt, insbesondere wenn Weine und sonstige gährende Substanzen

---

1 II. 796.
2 Vers. über d. chem. Zerlegung d. Luftkreises. G. IV. 79.
3 Chemie. I. 240.
4 Phil. Mag. XXIII. 354.
5 Syst. de Chim. III. 222.
6 G. LXXII. 277.
7 Ann. of Phil. XI. 214.
8 Manchester Mem. New Ser. I. G. XXVII. 383.

sich darin befinden, und kein Luftzug die entwickelte Gasart entfernt, ist ihre Quantität oft so grofs, dafs die Luft aufhört, respirabel zu seyn, welches eintritt, wenn die Menge derselben bis 0,1 steigt. Aufserdem will Saussüre d. j.[1] den Gehalt der ruhigen Luft an Kohlensäure im Winter = 0,000479, im Sommer aber = 0,000713 dem Volumen nach gefunden haben. Gay-Lüssac[2] findet einen solchen Unterschied unwahrscheinlich, allein bei ruhiger Luft wäre derselbe aus den Gährungen der Erde im Sommer, woraus Saussüre ihn ableitet, allerdings wohl erklärlich.

Die zuletzt erwähnten Processe und örtlichen Bedingungen finden in höheren Regionen der Atmosphäre in der Regel nicht statt, und dort kann also die Quantität der Kohlensäure nicht füglich über die mittlere hinausgehen. Letztere findet sich aber, so weit die Beobachtungen reichen, dort beständig. So fand v. Saussüre, dafs Kalkwasser auf dem Montblanc in einer Höhe von 2380t der Luft ausgesetzt, getrübt wurde, ohngeachtet keine Spur von Vegetation dort vorhanden war[3], v. Humboldt fand Kohlensäure in der Luft, welche Garnerin von seinem aërostatischen Auffluge mitbrachte[4], und Gay-Lüssac auch in der, welche er bei seinem Aufsteigen im Aërostaten in der höchsten bis jetzt erreichten Höhe von 20428 F. aufgefangen hatte.

Da das kohlensaure Gas in grofser Menge durch die zahlreichen Processe des Athmens, Verbrennens, der Gährungen, Fäulnifs u. s. w. entbunden wird, und vermöge seines gröfseren spec. Gew. nicht in die Höhe steigen kann, so müfste seine Quantität sich bald so sehr vermehren, dafs die Luft dadurch irrespirabel würde. Es leidet indefs keinen Zweifel, dafs diese Gasart fortwährend durch die Vegetabilien wieder verzehrt wird[5], entweder indem sie durch die grünenden Theile derselben unmittelbar aufgesogen, oder an Wasser gebunden, denselben zugeführt und auf diese Weise in ihre Bestandtheile zerlegt wird, von denen der Kohlen-

1 Ann. de Chim. et de Phys. II. 199. G. LIV. 228.
2 a. a. O.
3 Voyages IV. 199.
4 J. d. P. XLVII. 202.
5 Thomson Système de Chim. III. 223.

stoff zur Ernährung der Pflanzen, das Sauerstoffgas aber zur Verbesserung der atmosphärischen Luft dient.

Der Wasserdampf der Atmosphäre verändert die lichtbrechende Kraft derselben nicht, und seine Quantität fällt daher nicht in die Augen; dagegen aber vermindert er die Dichtigkeit und das Gewicht der Luft, hat also hiernach einen mittelbaren Einfluſs auf die Strahlenbrechung, einen unmittelbaren aber auf die Höhenmessungen vermittelst des Barometers, und auſserdem bedingt er das Entstehen nebst der Menge des Regens und der Hydrometeore überhaupt, sobald er sich durch Verminderung der Temperatur in tropfbares Wasser verwandelt. Man hat sich daher schon seit langer Zeit viele Mühe gegeben, die Dichtigkeit des Wasserdampfes in der atmosphärischen Luft, oder die Menge des Wassers, woraus derselbe gebildet ist, zu bestimmen, bediente sich hierzu aber der *Hygrometer*, welche ihrer Natur nach, auf die Dauer wenigstens, keine richtige Resultate geben. Nach Brander [1] sollen 2° seines Darmsaiten-Hygrometers 3 Gr. Feuchtigkeit in einem Cub. F. Luft andeuten, eine Angabe, welche eben wie alle übrigen dieser Art schon deswegen nicht richtig seyn kann, weil hierbei die Temperatur gar nicht berücksichtigt ist. Die gehaltreichsten Untersuchungen sind von Saussüre [2], wonach Daubuisson die Dichtigkeit und die dadurch bewirkte Verminderung des Gewichts der Luft für verschiedene Höhen berechnet hat [3]. Indeſs ist weder die dabei zum Grunde liegende *Daltonsche* Bestimmung der Dichtigkeit des Wasserdampfes, noch die *Saussüre'sche* der Quantität des Wassers als Dampf in einer gegebenen Menge Luft völlig genau. Im Mittel bestimmt Saussüre die Quantität des Wassers in einem Cub. Decimeter Luft bei 19° C. des Thermometers auf 19 Milligr. [4]. Genauer sind die Angaben Dalton's, welcher vorzüglich auf den Grad der Sättigung der Atmosphäre mit Wasserdampf Rücksicht nahm [5]. Theils um dieses anschau-

1 Angabe auf seinen Hygrometern.
2 S. *Dampf*.
3 J. d. Ph. LXXI. 39.
4 Thomson Système de Chim. III. 220.
5 Manchester Mem. V. 547.

lich zu machen, theils um eine wirkliche Bestimmung zu erhalten, wandte er das schon von Le Roy befolgte Verfahren an, indem er kaltes Wasser von steigender Temperatur in ein helles Glas gofs, und beobachtete, wie weit dasselbe unter der Wärme der umgebenden Luft erkaltet seyn mufste, um einen Niederschlag von Wasserdampf an der Oberfläche des Glases zu bewirken. Aus derjenigen höchsten Temperatur des Wassers, bei welcher der feinste Niederschlag erfolgte, berechnet er die Elasticität des Dampfes in der Atmosphäre, welche als eine Function der Wärme anzusehen ist; und indem die Dichtigkeit desselben wiederum eine Function seiner Elasticität ist, so läfst sich hiernach die Quantität des verdampften Wassers finden. Im Mittel wechselt diesem zu Folge der Wasserdampf der Atmosphäre zwischen 0,0166 und 0,0033, oder genauer beträgt in unsern Gegenden die gröfste Menge desselben 0,014 des Volumens der Luft selbst [1].

Genauere Untersuchungen über die Gesetze der Dampfbildung verbreiten über diese Frage mehr Licht. Aus diesen geht hervor, dafs die Dichtigkeit des Wasserdampfes, *wovon hier zunächst die Rede ist, oder die Menge des völlig verdampften und expandirten Wassers in einem gegebenen Raume blofs von der Temperatur abhängt, und mit dieser zugleich nach einem bestimmten Gesetze wächst. Nimmt man dann ferner an, dafs in einem gewissen Raume so viel desselben enthalten sey, als darin bestehen kann, ohne dafs ein Theil niedergeschlagen wird, so wäre hiermit das Maximum seiner Dichtigkeit gegeben, welches am besten durch die Formel $\delta = 0,0064107 \frac{\varepsilon}{213 + t}$ berechnet werden kann [2], worin δ die Dichtigkeit gegen Wasser als Einheit, ε aber die der Temperatur $= t$ in Graden der achzigtheil. Scale zugehörige Elasticität, durch den Druck einer Quecksilbersäule in pariser Zollen gemessen, bezeichnet. Wird hierin der Werth von ε aus der Formel Log. $\varepsilon = 4,286$

1 Phil. Mag. XXIII. 353.

2 S. *Dampf*.

$+ \text{Log.}\ (213+t) - \frac{1551,09}{213+t}$ substituirt, so ist Log. δ

$= 0,8069055 - 3 + \frac{4,286\,t - 638,172}{213+t}$ eine Function der Temperatur in Graden der 80th. Scale [1].

Hieraus ergiebt sich in Beziehung auf die Atmosphäre, dafs die Quantität des Wasserdampfes in derselben unter höheren Graden der Breite und im Winter, desgleichen in gröfseren Höhen weit geringer ist als unter geringeren Breiten, im Sommer und näher an der Oberfläche der Erde, woraus die stärkeren tropischen Regen und die in den Sommermonaten erklärlich sind. Vorzüglich aber kommt der Grad der Trockenheit der Luft in Betrachtung. Es leidet nämlich keinen Zweifel, dafs die Atmosphäre nur selten mit Wasserdampf völlig gesättigt ist, vielmehr wechselt dieser Grad der Sättigung vom Maximo der Dichtigkeit des Wasserdampfes, wodurch alle Körper feucht werden, bis zur völligen Trockenheit, wobei selbst zerflossenes Weinsteinsalz und salzsaurer Kalk, ihrer grofsen Affinität zum Wasser ungeachtet, trocken werden. Die Bestimmung derjenigen Temperatur der Atmosphäre, für welche der Wasserdampf in derselben im Maximo der Dichtigkeit seyn würde, kann durch das oben angegebene Verfahren von LE ROY und DALTON erhalten werden, noch leichter aber durch das Hygrometer [2]. Diese letzteren Werkzeuge sind entweder von der Art, dafs sie diese Temperatur unmittelbar angeben, wie das von DANIELL vorgeschlagene und die hiernach construirten, oder von der Art, dafs sie die, einer jeden Temperatur zugehörige Dichtigkeit des Wasserdampfes vom Puncte der gröfsten Trockenheit oder völliger Abwesenheit alles Wasserdampfes bis zum Maximo der Dichtigkeit in 100 Theilen bezeichnen, wie die meisten übrigen seyn sollten, namentlich die von DE SAUSSÜRE und von DE LÜC. Angenommen die auf denselben befindlichen 100 Grade wären

1 Eine ausführliche Tabelle über die Dichtigkeit des Wasserdampfes findet sich unter Artikel: *Dampf*.

2 S. *Hygrometer*.

wirklich absolute Besimmungen dieser Art, so würden sie die Quantität des in der Atmosphäre befindlichen Wasserdampfes genau angeben. Indem nämlich die Tabelle, worin die Dichtigkeit des Wasserdampfes als eine Function der Wärme ausgedrückt ist, das einer bestimmten Temperatur zugehörige Maximum dieser Dichtigkeit $= \delta$ angiebt, so wäre bei einem Grade des Hygrometers $= \gamma$ die wirkliche Dichtigkeit des Wasserdampfes $\delta' = \delta . 0{,}01 . \gamma$. Folgende Beispiele mögen dazu dienen, beide Arten zu erläutern. Es sey zuerst mit einem Hygrometer nach Daniell's Art bei einer äufsern Temperatur von 20° R. diejenige Temperatur gefunden, bei welcher der Wasserdampf sich zu verdichten anfängt, und angenommen, dafs diese Temperatur, welche = 10° R. seyn möge, genau das Maximum der Dichtigkeit des Wasserdampfes bezeichne, so zeigt die Tabelle für 10° die Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Wasser = 0,0000139 und gegen Luft = 0,01121, d. h. 10 Mill. Cub. F. Luft geben 139 Cub. F. Wasser, und 100000 Cub. F. Luft enthalten 1121 Cub. F. Wasserdampf von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft. Zeigte dagegen ein gewöhnliches, richtig graduirtes, Hygrometer bei 20° R. 44°, so giebt die Tabelle für diese Temperatur $\delta = 0{,}0000276$ und 0,02333, und es ist sonach $\delta' = 0{,}000012144$ und 0,0102652; d. h. 10 Mil. Cub. F. Luft enthalten 122 Cub. F. Wasser und 100000 Cub. F. Luft enthalten 1027 Cub. F. Wasserdampf von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft.

Man hat lange und viel über die eigenthümliche Art gestritten, auf welche der Wasserdampf in der Atmosphäre existirt, welche Untersuchung aber vollständig unter Verdunstung gehört. Hier kommt daher nur noch eine Frage in Betrachtung, nämlich ob die Quantität des Wasserdampfes, unabgesehen von der Temperatur, in höheren Regionen anders ist, als in niedrigern. Allgemein nimmt man an, dafs die Trockenheit der Luft mit der Höhe zunimmt[1], indem diese Behauptung schon durch v. Saussüre aufgestellt, bei dem aërostatischen Auflluge Gay-Lüssac's [2] bestätigt ist. Als einen vorzüglichen Beweis darf man ferner ansehen, dafs

1 Biot Traité. I. 328.

2 J. d. Ph. LIX. 314. G. XX. 28.

nach correspondirenden 15monatlichen Beobachtungen des Hygrometers zu Genf und auf dem Hospitium des St. Bernhard bei einer Höhendifferenz von 1075' der absolute Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre sowohl, als auch der relative in Beziehung auf die ungleiche Temperatur oben stets geringer befunden wurde, als unten, so daſs hiernach die Luft in höheren Regionen überhaupt für trockner angesehen werden muſs, als in niedrigern. Diese Differenz ist stärker am Morgen, als am Mittage, und im Winter wieder stärker als im Sommer[1]. Bloſs ausnahmsweise war zuweilen selbst der absolute Feuchtigkeitszustand oben gröſser, als unten. Ob die Sache indeſs wirklich in dieser Allgemeinheit sich so verhält, ist sehr problematisch. Auf der Oberfläche der Erde nämlich setzen sich die durch Abkühlung niedergeschlagenen Dünste sogleich an die mehr erkälteten Körper namentlich als Thau und Reif an, und befreien dadurch die Luft von der überflüssigen Feuchtigkeit. In gröſseren Höhen kann dieses aber nicht geschehen, und daher ist daselbst die Atmosphäre selten ganz rein, sondern meistens milchig und oft mit Wolken erfüllt, welche auf allen Fall einen über den Zustand der Sättigung hinausgehenden Grad der Feuchtigkeit anzeigen. Auſserdem aber beweiset die groſse Feuchtigkeit der Moose auf hohen Bergen, daſs stets eine groſse Menge Wasserdampf in die Höhe steigt, und dort niedergeschlagen wird[2]. Bei dem aërostatischen Aufluge Gay-Lussac's war die Abnahme des Hygrometerstandes auch nicht beständig, sondern das Hygrometer zeigte zuerst abnehmende, dann aber wieder zunehmende Feuchtigkeit, doch aber so, daſs dieser Physiker aus seiner Beobachtung im Ganzen auf Abnahme der Feuchtigkeit mit zunehmender Höhe schlieſst, welches Resultat genau mit dem durch Beaufoy[3] erhaltenen übereinstimmt. Man könnte hiergegen einwenden, daſs der Aufflug bei Tage geschah, nachdem die Sonne schon geraume Zeit die oberen Luftschichten beschienen, mithin etwas erwärmt hatte, wohin doch die von der

---

1 Bibl. univ. X. 264.

2 Schultes bei G. XXI. 485.

3 Ann. of Phil. 1824. Sept. 311.

Erde aufsteigenden Dämpfe nicht sofort gelangen konnten. Gegen die Beobachtungen auf hohen Bergen liefse sich aber eben die erwähnte örtliche Entziehung des Wasserdampfes der Atmosphäre durch die Spitzen der Berge anführen. Wenn man indefs eben diese Argumente genau betrachtet, und zugleich die Abkühlung bei Nacht berücksichtigt, wodurch die Feuchtigkeiten niedersinken müssen, ohne dafs sie sich von der erwärmten Ebene sobald wieder erheben können, so ist es auch aus theoretischen Gründen wahrscheinlich, dafs der Einflufs der kälteren Temperatur in höheren Regionen auf den Gehalt an Wasserdampf abgerechnet, diese in der Regel trockner sind, als die niedrigen[1].

Der Wasserdampf, desgleichen die Dämpfe von Alkohol, Aether und ähnlichen Flüssigkeiten, deren Quantitäten übrigens zu geringe sind, als dafs sie im Allgemeinen wahrgenommen werden könnten, und deren Anwesenheit man blofs in der Umgebung der Oerter entdeckt, wo sie verdampfen, können in der atmosphärischen Luft in gleich grofser Menge vorhanden seyn, als im leeren Raume, und die Elasticität der Luft wird durch Hinzukommen dieser um so viel vermehrt, als die Elasticität derselben beträgt. Beide Sätze sind sehr wichtig, und von vielen Physikern genau erörtert. Den ersten, nämlich dafs im luftvollen Raume, mindestens bis zum vollen atmosphärischen Drucke, eine gleiche Quantität Dampf existiren kann, als im luftleeren, folgerte zuerst v. Saussüre d. ält. aus seinen bekannten Versuchen über die Verdunstung[2], nachher aus diesen und eigenen Versuchen de Lüc[3], Volta[4], Clement und Desormes[5] u. a., in Beziehung auf Aetherdampf der jüngere v. Saussüre[6], und

---

1 Bei der Atmosphäre kann von ihrem Wassergehalte blofs in so weit die Rede seyn, als das Wasser sich im expandirten Zustande befindet. Tritt es aus demselben heraus, so bildet es Wolken, Nebel, Regen u. s. w., wovon besonders gehandelt wird.

2 Vers. über Hygrometrie. D. Ueb. p. 128.

3 Phil. Tr. 1792. p. 403. J. d. Ph. XXXVI. 204. Idées sur la Météor. I. 1. §. 14. G. XLI. 168.

4 Gren N. J. III. 479.

5 Ann. de Chim. XLII. u. XLIII. G. XIII. 144.

6 Gehlen N. J. IV. 94.

durch eine große Reihe von Versuchen, welche zugleich Grundlage einer eigenen Theorie wurde, insbesondere DALTON[1] hinsichtlich auf Wasser und sonstige Flüssigkeiten, so daß dieser Satz von den bedeutendsten Physikern, z. B. TRALLES[2], HAÜY[3], BIOT[4], SOLDNER[5], und vielen andern als allgemein gültiger Grundsatz in der Naturlehre angenommen ist. Ist *dieses* aber richtig, so folgt der *zweite Satz* hieraus fast nothwendig von selbst, indem der Druck, welchen zwei, sich nicht chemich bindende, sondern nur gleichsam neben und in einander existirende expansibele Flüssigkeiten ausüben, der Summe ihrer Pressungen gleich seyn muſs. DALTON[6] drückt dieses durch eine eigene, nach ihm benannte Formel aus. Ist nämlich der Raum, welcher irgend eine völlig trockne Gasart bei einer gegebenen Temperatur einnimmt, $= 1$, der Druck, welchen sie ausübt $= p$, der Druck des Dampfes irgend einer Flüssigkeit, gleichfalls durch die Höhe der Quecksilbersäule ausgedrückt $= f$, so ist beider Druck nach der Vereinigung, Unverändertheit der Temperatur und des Raumes vorausgesetzt, $= p + f$, der Raum der Gasart aber bei unverändertem Drucke $= 1 + \frac{f}{p-f} = \frac{p}{p-f}$. Ist daher z. B. bei einer Temperatur von $82°,22$ C. $p = 76^{cm}$ und für Wasserdampf im Maximo der Dichtigkeit bei dieser Temperatur $f = 38^{cm}$, so ist der Raum nach der Vereinigung $= \frac{76}{76-38} = 2$ oder doppelt so groſs.

Kürzlich habe ich selbst[7] dieses Gesetz sowohl theoretisch als auch durch Versuche aufs Neue geprüft, und als Resultat gefunden, daſs dasselbe zwar in seiner ganzen Ausdehnung, eben wie das Mariottesche, nicht gültig seyn kann,

---

1 Manchester Mem. V. P. II. p. 572. Bibl. Brit. XXI. 14. G. XII. 385.

2 G. XXVIII. 481.

3 Traité élém. de Phys. I. 182.

4 G. XXXV. 425.

5 G. XXXII. 205.

6 a. a. O.

7 Muncke Physikal. Abhandl. p. 364.

weil die Zusammendrückung der Luft endlich die Theile derselben einander so nahe bringen muſs, daſs ein Eindringen der Dampfpartikeln zwischen dieselben *nicht* weiter möglich seyn kann, obgleich nach THOMSON[1] ohne Zweifel die Zwischenräume zwischen den Bestandtheilen der Gasarten gegen diese letzteren so *groſs* sind, daſs keine Zusammendrückung durch die *uns* zu Gebote stehenden Mittel vermögend seyn wird, das freie Eindringen der Theile des Dampfes zwischen dieselben zu hindern; daſs aber nach den Ergebnissen aller angestellten Versuche die Luft unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre sicher eben so viel Wasserdampf oder Aetherdampf aufzunehmen vermag, als der leere Raum, und noch *eine kleine*, aus den erhaltenen Gröſsen selbst nicht gut bestimmbare Menge *mehr*. In allen wiederholten Versuchen nämlich trat die vollständige Verdampfung einer gemessenen, in einem gläsernen Ballon enthaltenen Quantität Wassers und auch Aethers bei einer etwas niedrigeren Temperatur ein, wenn zugleich Luft im Ballon enthalten war, als im luftleeren, oder es wurde dieser Zustand der völligen Expansion des Wasserdampfes mindestens leichter erhalten. Wäre dieses Resultat wirklich begründet, so müſste man annehmen, daſs die Theilchen der Luft und des Wasserdampfes einander gleichsam bänden, wodurch der letztere mehr im Zustande der Expansion erhalten würde; indeſs ist es wahrscheinlicher, daſs die leichtere Beweglichkeit des Dampfes im leeren Raume den feinsten Niederschlag früher gegen die Wände des Ballons trieb, statt daſs er in der Luft desselben mechanisch schwebend erhalten wurde, und man darf also den anfangs aufgestellten Satz als völlig begründet ansehen. Ein anderes dort angegebenes Resultat der Versuche ist, daſs Dämpfe von zwei Flüssigkeiten, namentlich von Wasser und Schwefeläther, im Maximo ihrer Dichtigkeit nicht in dem nämlichen, mit trockner Luft erfüllten Raume existiren können, sondern daſs ein Theil derselben in tropfbar flüssiger Gestalt niedergeschlagen wird. Nur ein Versuch wurde über diesen Gegenstand angestellt. In einem luftleeren gläsernen Ballon befand sich Aether-

1 Système de Chim. III. 4o.

dampf, welcher bei 13°,5 R. völlig expandirt war; als aber gemeine feuchte Luft bei gleicher Temperatur zugelassen, mithin Wasserdampf mit dem Aetherdampfe verbunden wurde, erfolgte ein Niederschlag, und die vollkommene Expansion beider gemengter Dampfarten fand erst bei 16°,5 statt. Daſs mehrere Arten Dampf von beliebiger Menge in der atmosphärischen Luft nicht neben einander bestehen können, ist wohl ausgemacht, indeſs verdient dieser, für die Mischungsgesetze expansibeler Flüssigkeiten wichtige Gegenstand erst durch neue Versuche genauer ausgemittelt zu werden.

Endlich ist die schnelle Verdampfung der Flüssigkeiten bekannt, welche im luftleeren Raume statt findet, und man hat hieraus häufig gefolgert, daſs alle tropfbaren Flüssigkeiten schnell verdampfen würden, wenn die atmosphärische Luft, und somit auch der Druck, welchen sie ausübt, weggenommen würde. Wenn man aber berücksichtigt, daſs im luftleeren Raume nicht mehr Dampf existiren kann, als im luftvollen, wenn wir ferner annehmen, *daſs* für den Dampf der Flüssigkeiten eben so wohl eine nothwendige Grenze bestehen müſste, als für die Luft; und daſs daher nach Wegnahme der atmosphärischen Luft statt der jetzigen, aus Luft und Dampf zusammengesetzten Atmosphäre eine aus Dampf allein bestehende die Erde umgeben würde; so folgt von selbst, daſs bloſs so viel Flüssigkeit in diesem angenommenen Falle mehr verdampfen könnte, als erforderlich wäre, die gegenwärtig an vielen Orten unter dem Puncte der vollkommenen Sättigung mit Feuchtigkeit bestehende Dampfatmosphäre auf das der Temperatur zugehörige Maximum der Dichtigkeit zu bringen, wozu nicht viel Flüssigkeit erforderlich seyn würde. Die übrige Flüssigkeit würde indeſs dann eben so gut bestehen, als jetzt, wie Dalton[1] in der Hauptsache richtig bemerkt.

Unter die, zur Luft nicht wesentlich gehörigen, nur mechanisch beigemengten Substanzen gehört insbesondere die *Salzsäure* und *salzsaure Salze*, deren Anwesenheit nur mit Mühe durch die chemische Zerlegung, sicherer und leichter

---

1 Neues System. I. 185.

aber im Regenwasser erkannt wird. Salzsaures Gas in der Atmosphäre vorzüglich in der Nähe des Meeres entdeckten nach vielen sorgfältigen Beobachtungen, sowohl eigenen als fremden, DRIESEN[1], CRAANEN[2] u. a.; nachher HERMBSTAEDT[3] und VOGEL[4]; in der Luft bei Halle in der Nähe der Salinen konnte indeſs MEISSNER[5] keins wahrnehmen. Mechanisch fortgerissenes Salz in der Luft hat man wiederholt in der Nähe der Meere entdeckt, indem es aus dieser fortgeführt wird, und nach dem Verdunsten des Wassers sich an die Gegenstände in Gestalt feiner Krystalle ansetzt[6]. Insbesondere ist dieses in der Nähe des *todten Meeres* häufig der Fall. Auch salzsauren Kalk im Regenwasser entdeckte schon BERGMANN und VAN ROSSEM[7], nachher LAMPADIUS[8] und HERMBSTAEDT[9]. Sonstige verschiedene Stoffe, welche nothwendig in der Atmosphäre vorhanden seyn müssen, weil wir sie oft in groſser Menge aufsteigen sehen, insbesondere Rauch und Asche nebst anderweitigen Substanzen aus Vulcanen, der dicke, zuweilen ganze Districte überziehende Rauch von verbrannter Heide[10], die Bestandtheile des Höhrauchs oder trocknen Nebels[11], viele Stoffe, welche aus Hochöfen, von Fabriken, Laboratorien und sonst vielfach von der Erde aufsteigen, so wie diejenigen meteorischen Substanzen, welche nach Chladni u. a. vielleicht kosmischen Ursprungs sind[12], und auch die örtlich entstandenen partiellen Beimischungen, als hydrothionsaures Gas über Schwefelquellen, nebst den Producten der thierischen und vegetabilischen Zersetzungen, Gährungen u. s. w. können hier nur beiläufig im Allgemei-

---

1 Allgemeene Konst- en Letter-Bode. 1803. N. 2. ff.

2 Naturkundige Verhandelingen u. s. w. Haarlem 1814.

3 Schweig. J. XXXII. 280.

4 G. LXXII. 277.

5 Schweig. J. N. R. VI. 161.

6 G. XXXI. 98.

7 Dissert. medico-chemica de Aqua. Groning. 1810. p. 27 u. 46.

8 Schweig. J. XXX. 256.

9 Ebend. XXXI. 505.

10 L. L. FINKE naturhistorische Bemerkungen über den Moordampf in Westphalen. Hann. 1820. 8.

11 S. *Nebel, trockne.*

12 S. *Meteorsteine.*

nen erwähnt werden. Als eine merkwürdige, durch fortgesetzte *Untersuchungen* künftig näher zu prüfende Erfahrung ist es endlich anzusehen, dafs M. W. ZIMMERMANN[1] im frisch gefallenen Schnee eine geringe Menge Eisenoxyd mit sehr wenigem Mangan, von beiden in 4 Pfd. Wasser etwa 0,001 Unze gefunden haben will. Blofs die Miasmen verdienen noch eine nähere Untersuchung.

Dafs sich der Gesundheit schädliche Substanzen, sogenannte *Miasmen* (*μιασμα* Verunreinigung von *μιάζω* verunreinigen) in der Atmosphäre befinden, welche dieselbe entweder überhaupt für die Gesundheit nachtheiliger machen oder bestimmte Krankheiten erzeugen und durch die Luft verbreiten, ist auf keine Weise zu bezweifeln, desgleichen ist es mindestens höchst wahrscheinlich, dafs sie in wirklichen höchst fein vertheilten Stoffen bestehen, deren Ursache und Quelle man zuweilen bestimmt nachweisen kann, ohne dafs es bis jetzt noch geglückt ist, sie selbst für sich darzustellen. Zwar sind die Versuche von DUPUYTREN und THENARD, noch mehr aber die von MOSCATI, sehr interessant, und es verdienten vorzüglich die letzteren wiederholt zu werden, ob aber der von ihnen erhaltene flockige Niederschlag wirklich condensirtes Miasma gewesen sey oder nicht, bleibt immer ungewifs. Erstere erhielten nämlich diese flockige, sich bald zersetzende, faulende und übel riechende Substanz in destillirtem Wasser mit Kohlenwasserstoffgas imprägnirt, welches aus thierischen Stoffen durch Fäulnifs entstanden war, letzterer aber hing Glaskugeln mit Eis gefüllt, über den ungesunden Reisfeldern und in Hospitälern auf, vertheilte den auf ihrer Oberfläche entstehenden Niederschlag in destillirtem Wasser, und fand, dafs sich gleichfalls eine flockige Substanz daraus absonderte[2]. Gesetzt aber auch, diese Versuche bewiesen gar nichts, so geht doch aus dem schädlichen Einflusse von Krankenhäusern und sonstigen, die Fäulnifs vegetabilischer und insbesondere thierischer Stoffe unterhaltenden Gegenden das Vorhandenseyn wirklicher Ansteckungsstoffe ganz unverkennbar hervor. So er-

1 Isis. 1824 Hft. V. p. 511.
2 Ann. de Chim. LXXXII. 330. Schweig. J. V. 322.

zeugen z. B. die sumpfigen und morastigen Thäler in Mexico anhaltende Fieberkrankheiten [1], und nach Austrocknung eines Sumpfes bei Acapulco hörten die jährlich dort herrschenden Fieber sogleich auf [2].

Am auffallendsten ist die Anwesenheit und der Einfluſs dieser Miasmen in denjenigen Gegenden, welche sie von den Pontinischen Sümpfen her erhalten, vorzüglich in der sogenannten Campagna di Roma. Rigaud de l'Isle [3] zieht aus seinen wiederholten Beobachtungen derselben folgende Resultate.

1. Die Miasmen sind so schwer, daſs sie sich ohne Hülfe eines leichteren Körpers gar nicht erheben würden, und diejenigen Ortschaften, welche in der Höhe von Sezze, also 306^{m} über der Meeresfläche liegen, sind denselben nicht mehr ausgesetzt, auſser Velletri durch seine besondere Lage. Auch in Syrien [4] und den vereinigten Staaten [5] hört der nachtheilige Einfluſs der Sümpfe in gröſseren Höhen auf.
2. Sie haben keinen Geruch, obgleich sie mit übelriechenden Stoffen verbunden seyn können. Oft verbreitet sich von den nahen Sümpfen ein widerlicher Geruch, welcher in die Häuser dringt, ohne nachtheilige Folgen, und oft ist die Luft angenehm duftend von Blumengerüchen, und zugleich höchst ansteckend.
3. Die Gefahr der Ansteckung ist gröſser des Abends und Morgens, als am Tage, und am geringsten bei der stärksten Hitze am Tage, am stärksten gerade beim Untergange der Sonne.
4. Ein Wald, Hügel und Berg, aber selbst auch eine Mauer oder bloſse Wand sichert mehr oder weniger gegen ihren Einfluſs, eine Beobachtung, welche sich auch an andern Orten bestätigt [6].

---

1 v. Humboldt Essai Pol. IV. 524.
2 Langsdorf Reis. II. 188.
3 Bibl. Univ. V. 13. Vergl. G. LIV. 56.
4 Volney Voyage en Syrie et en Egypte. I. 292.
5 Rochefoucault Voy. dans les États-Unis. IV. 189.
6 Volney Voy. en Syrie. II. 172.

Dafs die ansteckenden Miasmen nicht durch den Geruch kenntlich sind, ist allgemein anerkannt[1], und manche unangenehme Gerüche sind unter gewissen Umständen nicht blofs unschädlich, sondern sogar heilend, wie die Luft über Viehställen in Lungenkrankheiten. Ueberhaupt scheinen anfangende Moderungen und Zersetzungen vegetabilischer und thierischer Stoffe weit weniger nachtheilig, auch gedeihen die Menschen besser in dumpfigen und übelriechenden Zimmern der Handwerker und Gewerbsleute, als in anscheinend reiner und mit Wohlgerüchen erfüllter Luft über veralterten modernden Substanzen, z. B. über verschütteten Stadtgräben, lange gebrauchten Kirchhöfen und Todtengewölben, oder in deren Nähe, so wenig auch äufserlich etwas der Gesundheit Nachtheiliges zu entdecken ist.

Merkwürdig und zugleich das wirkliche Vorhandenseyn sonst unmerklicher Ansteckungsstoffe deutlich beweisend, ist endlich das lange Zeit fortdauernde Ankleben derselben an gewissen Körpern. So erzählt Sennert[2], dafs ein durch die Pest in Breslau 1542 inficirtes Packet Leinwand noch nach 14 Jahren diese Krankheit wieder erzeugte, und nach Diemerbroek[3] bekam ein Mann in Nimägen Pestbeulen am Fufse durch die Berührung von Stroh, worauf vor 8 Monaten ein Pestkranker gelegen hatte, obgleich dasselbe diese ganze Zeit hindurch der freien Luft ausgesetzt gewesen war.

Auf welche Weise dem schädlichen Einflusse der Miasmen zu begegnen sey, ergiebt sich leicht. Entweder sucht man nämlich dieselben durch einen stets erneuerten Luftzug und Herzuführung frischer Luft vermittelst der verschiedenen *Ventilatoren*[4] zu entfernen, oder, was der Erfahrung zu Folge noch wirksamer ist, man bemüht sich, den Ansteckungsstoff selbst zu zerstören. Dafs dieses durch die gewöhnlichen wohlriechenden Räucherungen nicht geschehen könne, folgt aus ihrer Beschaffenheit von selbst, indem der entstandene Rauch oder Dampf aus kohlenstoffhaltigem Was-

1 Vergl. Hildenbrandt über den Typhus. p. 299. u. a.
2 De febribus Lib. IV. c. 5.
3 De Peste L. IV.
4 S. *Ventilator.*

zerstoffgas besteht, welches der Gesundheit mehr schädlich als zuträglich ist, und blofs in so fern nützlich seyn kann, als er die widerlichen Gerüche einhüllt, und ihren unmittelbaren, einen krankhaften Zustand erzeugenden, Einflufs auf die Geruchsnerven aufhebt. Aus gleichen Gründen, nämlich wegen des reizenden und betäubenden Eindrucks auf die Nerven kann das Tabackrauchen als ein Mittel angesehen werden, den Einflufs der verdorbenen Luft auf die Gesundheit zu mildern, keineswegs aber, als wenn dieser Rauch die Miasmen zerstörte, oder die Menschen gegen ihren ansteckenden Einflufs unempfänglich machte [1]. Als zweckdienlichstes Mittel zur Zerstörung der Miasmen hat man dagegen seit langer Zeit die Säuren angesehen, und die üblichen Räucherungen mit Essig und einigen hineingeworfenen Nelken sind aus theoretischen Gründen, wie auch der Erfahrung zu Folge allerdings zu empfehlen. Für noch wirksamer hielt man den sogenannten vinaigre des quatres voleurs, oder den Pestessig, dessen Kraft vorzüglich gegen die Ansteckung der Pest schützen soll, aber weniger leistet als Radicalessig oder die Essigsäure [2]. In den neuesten Zeiten hat man allgemein den Smith'schen Räucherungen mit salpetersauren Dämpfen, und noch mehr den durch Guyton de Morveau vorgeschlagenen mit Chlorgas mit Recht den Vorzug zugestanden [3]. Die ersteren erhält man durch Hineinwerfen von Salpeter in Schwefelsäure, aus welchem hierdurch die Salpetersäure als Dampf ausgeschieden wird,

1 Bartlett empfiehlt als Mittel gegen Ansteckung das Tragen der Schleier, und sucht dieses durch einige Beispiele zu bestätigen. Ann. of Phil. XV. 12. Ein physischer Grund hiervon ist kaum abzusehen.

2 G. IX. 361.

3 Guyton de Morveau Traité des moyens de desinfecter l'air, de prévenir la contagion et d'en arrêter les progrès. 3me ed. Par. 1807. 8. G. IX. 357. Für jede verständliche Anweisung, wie man es anzufangen habe, um bei bösartigen Fieberepidemieen aller Art sich gegen Ansteckung zu schützen, und der Verbreitung derselben durch Räucherungen mit grüner Salzsäure Einhalt zu thun, belegt durch eine Sammlung von Erfahrungen im Grofsen, von L. W. Gilbert. Leipz. 1813. 8. Gimbernat Instruction sur les Moyens propres à prévenir la contagion des fièvres épidémiques. Strasb. 1814. 8.

und sich in den zu reinigenden Zimmern verbreitet. Für die Wirksamkeit derselben hat man allerdings einige nicht verwerfliche Zeugnisse, z. B. von Mojon[1], noch mehr aber von Cabanellas. Dieser räucherte einen Rock, worin ein an der Influenza Leidender in Sevilla gestorben war, zuerst mit Schwefel, dann mit salpetersauern Dämpfen, schlief unter ihm eine Nacht, trug ihn den folgenden Tag, und wurde dennoch nicht angesteckt[2].

Für die Guyton'schen Räucherungen hat man vielfache Vorschriften gegeben, und eine große Menge Apparate erfunden. Zuerst schlug Guyton de Morveau vor, verdorbene Luft durch Kochsalz und aufgegossenes Vitriolöl zu zerstören[3], nachher aber bediente er sich des Chlorgas, welches am besten aus 3 Th. Kochsalz, 2 Th. Braunstein und 4 Th. Schwefelsäure mit der Hälfte Wasser verdünnt, alles dem Gewichte nach, bereitet wird. Die Anwendung derselben zur Reinigung alter Cloaken, der verpesteten Viehställe und Krankenzimmer, zur Zerstörung ansteckender Miasmen und zur Sicherung gegen deren nachtheiligen Einfluß geschieht auf mannigfaltige Weise und mit verschiedenen Apparaten.

1. Am einfachsten ist es, eine der Größe des zu reinigenden Ortes angemessene Quantität der Mischung von Kochsalz und gepulvertem Braunstein in einem Theeschälchen oder einem sonstigen geeigneten Gefäße hinzusetzen, und die Schwefelsäure darauf zu gießen. Die Entwickelung des Chlorgas geht langsam vor sich, und wird durch Hitze verstärkt. Guyton hat indeß einen eigenen sogenannten größeren Räucherungsapparat zu diesem Zwecke vorgeschlagen, *cassolette de salubrité* oder nach Dumotiez[4], *apparat permanent de desinfection* genannt. Dieser besteht aus einem Brette A, in welchem die beiden Ständer BB befestigt sind. Zwischen diesen liegt ein Bret d, in welches ein geeignetes dickes Glas C, ohngefähr 3 Z. im Fig. 93.

1 Ann. de Chim. XLVI. 115.
2 Monthly Magaz. 1805. Apr. p. 295. G. XVI. 359.
3 J. d. Ph. I. 436.
4 Ann. de Chim. LII. 347.

Lichten weit und 4 Z. hoch, oben mit einem starken mattgeschliffenen Rande H H versehen, eingekittet ist. Auf dasselbe paſst eine gleichfalls mattgeschliffene starke Glasplatte dampfdicht, welche in das Bret g g eingekittet ist, und mit diesem zugleich vermittelst der hölzernen Schraube E in die Höhe gehoben werden kann. Letztere geht in dem Riegel F F, welcher wieder auf den beiden Ständern festgeschroben ist. In dem Glase befindet sich die zur Gasentwickelung bestimmte Mischung, die Glasplatte wird dann durch die Schraube festgedrückt, wenn das Gas nicht entweichen soll, dagegen aber in die Höhe gehoben, wenn man einen Ort durch die Räucherung reinigen will. Dieser Apparat ist zweckmäſsig eingerichtet, und für groſse Hospitäler oder zur Desinficirung ganzer Ortschaften oder Städte offen und im noch gröſserem Maſsstabe[1] sehr brauchbar, wenn er durch einen Sachverständigen gehandhabt wird. Unkundige könnten indeſs durch den nachtheiligen und selbst lebensgefährlichen Einfluſs des in groſser Menge freiwerdenden Gases, desgleichen durch das Verschütten der Schwefelsäure leicht beschädigt werden. Die letztere Unbequemlichkeit wird vermindert, wenn man sich des Chlorcalciums bedient, und diesen mit verdünnter Schwefelsäure übergieſst, wodurch die sauern Dämpfe entbunden werden.

2. Für einzelne Personen, z. B. für Aerzte und Prediger bei Krankenbesuchen und Arbeiter in Cloaken oder an sonstigen ungesunden Orten, desgleichen zur Reinigung kleiner Räume hat man mit Grunde die Räucherungsfläschchen (*flacons préservatifs et desinfectans*) empfohlen. Sie bestehen aus starken Gläsern mit eingeschmirgelten Glasstöpseln, nach Erforderniſs von 1 bis 3 Cub. Z. Inhalt. Guyton füllte sie anfangs mit 3 grammes gepulvertem Braunstein, 0,3 Cub. Z. Salpetersäure und eben so viel Salzsäure an. Nachher aber hat man sie zweckmäſsiger mit der oben genannten Mischung aus Kochsalz und Braunstein bis etwa $\frac{1}{3}$ angefüllt, diese mit Wasser bloſs bis zum Feuchtseyn benetzt, dann einige Tropfen

1 Ann. de Chim. LXXXII. 207.

Vitriolöl zugegossen und verstopft. Oeffnet man den Stöpsel, so entweicht das Gas, und hüllt den Haltenden in eine Atmosphäre desselben ein, welche durch etwas Wärme, blofs der Hand, vermehrt wird [1].

3. Wegen der Unbequemlichkeit der Güytonschen Apparate hat Metrasse [2] sehr zweckmäfsig das mit Wasser verbundene Chlor insbesondere für die Hospitäler empfohlen. Man bereitet diese Substanz, indem man das Chlorgas in kaltes Wasser aufsteigen läfst. Zu diesem Ende giefst man die oben genannte Mischung in eine gläserne Flasche mit einem Entbindungsrohre, erhitzt diese, und läfst die entwickelte gasförmige Substanz in gläserne, mit kaltem Wasser gefüllte und in der pneumatischen Wanne umgekehrte Flaschen aufsteigen, während man sie, so wie sie von Wasser leerer werden, zuweilen schüttelt. Die Pharmakopöen, welche die Vorschriften zu dieser Bereitung enthalten, berücksichtigen nicht jederzeit die Temperatur bei diesem Verfahren. Ist nämlich das Wasser in den Flaschen unter 4° C. erkaltet, so wird das Chlor sich in gröfster Menge als eine gelbliche, wachsähnliche Substanz im Wasser anhäufen, mit Wasser über 18° C. erwärmt dagegen sich nur in geringer Menge verbinden. Am geeignetsten dürfte es seyn, Wasser in tiefen Brunnen oder Kellern zwischen 10° — 12° C. erkaltet zu nehmen, dann das Gas unter wiederholtem Schütteln so lange in demselben aufsteigen zu lassen, bis die Flaschen etwa noch halb gefüllt sind, dann sie in gleicher oder niedriger Temperatur aufzuheben, um auf diese Weise jederzeit eine gleich starke Flüssigkeit zu haben. Letztere wird sehr zweckmäfsig zum Einsprengen der Krankensäle gebraucht, und ist den Kranken unter geeigneten Umständen eher erfrischend als widerlich.

Bei allen diesen angegebenen Modificationen ist es höchst wichtig, das unmittelbare Einathmen des Chlors zu vermeiden, insbesondere aber die kleinen Flaschen nicht als gewöhnliche Riechflaschen gebrauchen zu wollen, oder

---

1 Ann. de Chim. XLI. 219. G. XI. 486.

2 Bulletin de Pharmacie. 1811. Fevr.

das Chlorgas aus den Flaschen mit Wasser einzuathmen, weil sonst leicht gefährlicher, selbst tödtlicher Bluthusten entstehen kann. Diese und einige andere Gefahren werden vermieden, wenn man

4. nach dem Vorschlage des Apotheker SIEGEL in München Kugeln und Kochsalz, calcinirtem Eisenvitriol, Braunstein und Lehm bereitet, mäfsig trocknet, und dann in einem Tiegel in Kohlen glühet, wodurch die gasförmige Säure frei wird, und sich in den zu reinigenden Räumen verbreitet. Noch ist indefs im Allgemeinen zu bemerken, dafs diese Räucherungen auf keine Weise in Zimmern anzuwenden sind, wo Kranke an Lungenübeln leiden, und überhaupt dürfen sie nicht so stark angewandt werden, dafs sie zum Husten reizen.

Als zweckdienliches Mittel, um die widerlichen Gerüche faulender thierischer und vegetabilischer Stoffe zu neutralisiren, lassen sich mehreren Zeugnissen zufolge, z. B. von BONEFOS [1], GIRARD [2] u. a., desgleichen vorzüglich zur Zersetzung des Schwefelwasserstoffgas in Cloaken [3] die *Guytonschen Räucherungen* allerdings mit grofsem Nutzen anwenden. In dieser Absicht, und zugleich zur Minderung der Ansteckung wurden *sie* mit Erfolg von DESGENETTES im Militärhospital zu Paris angewandt [4], von HEDOUIN im Gefängnisse von Mont-Saint-Michel [5], von LABORDE im Hospitale zu Anvers [6], von BRATHWAITE in den Hospitälern zu London [7], von LODIBERT im Hospitale des Fort Rameken auf Walchern [8], von BARD im Militärlazarethe zu Beaune [9] u. a. m. [10] Am auffallendsten aber ist, dafs der spanische Arzt D. MICHAEL CABANELLAS mit 50 Individuen in Anti-

---

1 Ann. de Chim. LVII. 184.
2 Ib. LXXXIII. 281.
3 G. XXI. 470.
4 Ann. de Chim. LVII. 187.
5 Ann. de Chim. LXII. 113.
6 Ann. de Chim. LXIX. 64.
7 *Phil. Mag.* XVIII. 127.
8 Lodibert Essay de Thymiatechnie médicale. Par. 1808. p. 16.
9 *Bibl. médic.* 1813 Jul.
10 *Bibl. médicale* XX. 125. XXIV. 413. Vergl. G. XL*III*. 1 ff.

gones in Betten schlief, worin Patienten am gelben Fieber gestorben waren, ohne angesteckt zu werden, nachdem Zimmer und Betten bloſs durch die Guytonschen Räucherungen gereinigt[1] waren. Ist die Erfahrung begründet, daſs dieses Mittel zugleich das Ungeziefer der Hospitäler vertilgt, wie Chamserü[2] von dem Lazarethe in Posen berichtet, desgleichen, daſs es gegen veralterte Krätze durch Clüzel mit Nutzen in Vliessingen angewandt ist[3], so verdient es schon deswegen vorzugsweise angewandt zu werden. Sehr vortheilhaft will endlich Paroletti die salzs. Räucherungen gegen die Seuche der Seidenwürmer gefunden haben[4]; und daſs sie mit groſsem Nutzen gegen die Ansteckungen der Viehseuche gebraucht werden können, ist nach den Zeugnissen von Testa, Poggi, Girard, Düpuy, Frank u. a. nicht zu bezweifeln[5].

Nur selten ist die Wirksamkeit der Räucherungen mit Chlorgas bezweifelt, indeſs doch allerdings von einigen, z. B. von Bally[6], welcher keinen merklichen Einfluſs derselben auf die Verhütung der Ansteckung des gelben Fiebers wahrgenommen haben will.

Hierher gehört dann ferner die Frage, welche Fabriken wegen ihres Einflusses auf die Gesundheit aus der Nähe der Wohnungen entfernt werden müssen, wobei indeſs der unangenehme Eindruck, welchen manche Gegenstände auf die Geruchsnerven hervorbringen, und welcher bloſs hierdurch als nachtheilig wirkend angesehen werden kann[7], von einem schädlichen Einflusse auf den Lebensproceſs wohl zu unterscheiden ist. Eine ziemlich allgemeine und genügende Entscheidung dieser Frage enthält der Bericht der Classe der physikalischen und mathematischen Wissenschaften des fran-

---

1 Ann. de Chim. LVIII. 196. Eine Menge günstiger Urtheile über den Erfolg dieser Räucherungen finden sich zusammengestellt in Ann. de Chim. LXIV. 188.

2 Ann. de Chim. LXIV. 178.

3 G. XLIII. 46.

4 Voigt Mag. VIII. 347. Ann. de Chim. L. 107. G. XXI. 473.

5 G. XVI. 364. Salzb. med. Zeit. 1819. II. 114.

6 Du Typhus d'Amérique ou fièvre jaune. Par. 1814. p. 592.

7 S. *Geruch.*

zösischen Nationalinstitutes, welcher der Regierung abgestattet, und als Norm der Polizeiverwaltung angenommen wurde [1]. Sie unterscheiden zuerst diejenigen Operationen, bei denen riechende Gasarten durch Fäulniſs oder Gährung entwickelt werden, und dann diejenigen, bei denen sich Dämpfe oder Gasarten, durch Hitze verflüchtigt, durch den Geruch kenntlich machen. Von der ersteren Classe verwerfen sie als tödtlich für die Fische und dem Leben nachtheilig das Rotten des Flachses und Hanfs, halten aber für unschädlich die Brauereien, die Tournesol-, Orseille-, Indigo-, Stärke-Fabriken, Papiermühlen u. dgl., indem ein Nachtheil höchstens nur in der Nähe der Gefäſse selbst entstehen könnte. Selbst bei Bereitung der Darmsaiten, und dem Aufbewahren des Blutes für Rothfärben der Baumwolle müsse bloſs dahin gesehen werden, daſs die faulenden thierischen Stoffe nicht in zu groſser Menge und zu lange in den Werkstätten einer Zersetzung ausgesetzt blieben. Eben dieses findet Anwendung auch auf Fleischscharren und Schlachthäuser. Alle Arten des Düngers und die Bereitung des Staubmistes (poudrette) sind zwar nicht gefährlich, aber so unangenehm, daſs man sie fern von den Wohnungen halten muſs. Diese Substanzen und die starkriechenden Reste der Seidenwürmer-Cocons dünsten im gewöhnlichen Zustande eine Menge kohlensaures Ammoniak aus, werden aber durch Zusatz von Wasser der Gesundheit allerdings nachtheilig. Die nicht erwähnten Gerbereien, Unschlit-Lichter- und Seife-Bereitungen sind, nach ihrem Einflusse auf die Gesundheit der Arbeiter zu schlieſsen, gewiſs nicht directe nachtheilig, aber wegen des widrigen Geruches von den Wohnungen zu entfernen.

Unter den Gegenständen der zweiten Classe ist die Arsenikbereitung wahrscheinlich deswegen nicht erwähnt, weil sie nirgend in der Nähe von Wohnungen betrieben wird, indem die Dämpfe dieses Metalles als zerstörend und tödtlich auf alles Organische wirkend hinlänglich bekannt sind. Von den Schwefelsäurefabriken könnte man wegen des die Respiration störenden schwefelichsauren Gases einen sehr

---

1 Ann. de Chim. LIV. 86. Vergl. G. XXIII. 448.

nachtheiligen Einflufs erwarten; allein weil die gröfsere Verbreitung dieser Säure nur in Folge eines proportionalen Verlustes von Schwefel geschehen kann, so liegt hierin ein hinreichender Grund für die Fabrikeigenthümer, einen solchen zu verhüten, und es zeigt sich daher kein nachtheiliger Einflufs solcher Fabriken. Eben dieses ist der Fall bei den Bereitungen der Salpetersäure und Salzsäure. Die Bereitung des Essigs für manche Fabricate verbreitet stets einen starken, aber ganz unschädlichen Geruch, ist aber Blei beigemischt, wie bei den Bleizuckerfabriken, so ist derselbe süfslich und nicht unangenehm, aber höchst nachtheilig, trifft aber blofs die Arbeiter, welche sich dagegen zu schützen suchen müssen. Eben so beschränkt sich die Gefahr, welche mit der Bearbeitung des Quecksilbers, Bleies, Kupfers, Spiefsglanzes, Arseniks, dem Vergolden u. s. w. verbunden ist, blofs auf den Raum der Werkstätte. Bei der Bereitung des Berlinerblaues und des Ammoniaks werden gleichfalls eine grofse Menge widerlich riechender Gasarten verbreitet, welche indefs nicht an sich, sondern nur durch ihren Eindruck auf die Geruchsnerven nachtheilig sind. Im Allgemeinen aber versteht sich von selbst, dafs bei allen Arbeiten, wobei Gährung und Fäulnifs vegetabilischer und animalischer Substanzen erforderlich ist, diese nicht auf einen zu hohen Grad steigen und durch Aufhäufen und Liegenbleiben der Stoffe nicht in eigentliche Moderung übergehen mufs, weil sonst die schon nicht ganz unschädlichen Ausdünstungen im eigentlichen Sinne gefährlich werden.

Indem sonach die Atmosphäre ihren eigentlichen Bestandtheilen nach aus 0,79 Stickstoffgas und 0,21 Sauerstoffgas dem Volumen nach zusammengesetzt ist, so mufste nothwendig die Frage zur Untersuchung kommen, ob sie, als hieraus im Wesentlichen bestehend, eine chemische Mischung oder nur eine mechanische Mengung sey. Die Meinungen hierüber sind allezeit sehr verschieden gewesen, indem einige dieser, andere jener Ansicht zugethan waren, noch andere eine völlig scharfe Grenze zwischen den mechanischen Mengungen und chemischen Mischungen überhaupt nicht gestatten wollten, oder, diesem nahe kommend, die atmosphärische Luft für ein zur chemischen Verbindung

sich neigendes Gemenge hielten [1]. Alle verschiedenen Gründe genau erwogen kann man mit bei weitem überwiegender Wahrscheinlichkeit nach Berzelius [2] sie für eine Mengung halten. Den vorzüglichsten Grund, weswegen viele dieselbe für eine chemische Mischung oder für ein Stickstoffoxyd auf der niedrigsten Stufe der Oxydation halten wollen, nämlich das constante quantitative Verhältniſs der beiden Bestandtheile, und daſs aus einer mechanischen Mengung der schwerere Bestandtheil, das Sauerstoffgas bei vollkommener Windstille niedersinken müsse, findet Berzelius unzulässig, weil die Gasarten überhaupt ein Bestreben haben, sich zu verbinden, eben wie andere tropfbare Flüssigkeiten. Auch Wasser und Weingeist, in welchem Verhältnisse sie auch gemengt seyn mögen, trennen sich nicht durch ruhiges Stehen [3]. Wenn man Wasserstoffgas in der Atmosphäre entwickelt, so steigt dieses zwar anfangs in die Höhe, vertheilt sich aber sehr bald gleichmäſsig, und eben so sinkt entbundenes kohlensaures Gas zwar anfangs nieder, mischt sich aber bald gleichmäſsig unter die atmosphärische Luft. Wenn man daher eine Flasche mit Wasserstoffgas, die Oeffnung nach unten gekehrt, und eine andere mit Kohlensäure, die Oeffnung nach oben, in einem Zimmer mit unbewegter Luft hinstellt, so müſste nach statischen Gesetzen in beiden die eingeschlossene Gasart bleibend erhalten werden. Die Erfahrung ergiebt aber, daſs in beiden nach kurzer Zeit atmosphärische Luft vorhanden ist [4]. Auch sehr enge Röhren hindern die Vereinigung nicht, wie Dalton [5] und Berthollet durch Versuche gezeigt haben, indem sie zwei Flaschen mit verschiedenen Gasarten gefüllt durch Röhrchen von etwa 0,5 Lin. Durchmesser verbanden, und nach einiger Zeit, selbst den stati-

1 Döbereiner bei Schweig. IV. 384.

2 Chemie I. 254.

3 Gegen dieses Argument läſst sich mit Grunde einwenden, daſs nach der Ansicht mehrerer Naturforscher die Verbindung des Weingeistes mit Wasser eine chemische ist.

4 Dalton bei G. XXI. 389.

5 Phil. Mag. XXIV. 8. Manchester Mem. N. Ser. I. G. XXVII. 388.

schen Gesetzen zuwider, in beiden eine gleiche Mischung fanden. Ueberhaupt ist schon unter dem Artikel: *Adhaesion* gezeigt, wie mächtig diejenigen Körper, selbst äufserer Hindernisse ungeachtet, sich mit einander vereinigen, welchen ein Bestreben nach gegenseitiger Verbindung eigen ist, so dafs daher in einer mit Sauerstoffgas gefüllten Thierblase nach 24 Stunden blofs atmosphärische Luft mit einem geringen Ueberschusse von Sauerstoffgas gefunden wird. Indem aber auch Weingeist und Wasser sich durch die stärksten Thierblasen mit einander verbinden [1], so beweisen jene Erscheinungen allerdings die Möglichkeit einer stets gleichmässigen Mischung der atmosphärischen Luft, keineswegs aber, dafs sie eine chemische Verbindung sey.

Einen andern Grund, welchen man zur Unterstützung der Meinung angeführt hat, dafs die atmosphärische Luft ein Stickstoffoxyd sey, nämlich dafs sie genau aus 4 Mafstheilen Stickstoffgas und einem Mafstheile Sauerstoffgas bestehe, mithin halb so viel Sauerstoffgas als das Stickstoffoxydul enthalte, läfst Berzelius seiner Gewichtigkeit ungeachtet, nicht gelten. Wäre nämlich die Folgerung richtig, so gäbe die atmosphärische Luft das erste Beispiel ab, dafs ein mechanisches Gemenge dieselben Eigenschaften hätte, als eine chemische Mischung. Wenn man nämlich 4 Th. Stickstoffgas und 1 Th. Sauerstoffgas mit einander mengt, so kann dieses *nichts* anders als ein Gemenge, und keine chemische Mischung seyn, weil sich keine Veränderung weder der Temperatur noch des Volumens zeigt, und doch hat dieses alle Eigenschaften der atmosphärischen Luft. Wenn man endlich Stickstoffoxyd (Salpetergas) mit atmosphärischer Luft in Berührung bringt, so entzieht ersteres der letzteren alles Sauerstoffgas, und verwandelt sich in salpetrige Säure. Hier müfste also der Fall eintreten, dafs ein höheres Oxyd ein geringeres, ohne Mitwirkung eines andern Körpers oder einer sonstigen Potenz reducirte, wofür es in der Chemie kein anderes Beispiel giebt. Wenn man sonach also berechtigt ist, die atmosphärische Luft für ein Gemenge anzusehen, so darf man dabei nicht unberücksichtigt lassen, dafs das

1 S. *Adhaesion*.

allen Verbindungen zum Grunde liegende Naturgesetz die Anziehung ist, welches sich in den Erscheinungen der Mengungen und chemischen Mischungen in so nahe verwandten Modificationen zeigt; dafs es schwer ist, den Unterschied beider, und die Grenzscheidung zwischen ihnen genau zu bestimmen, durch welche Annahme auch das allerdings gewichtige Argument des constanten quantitativen Verhältnisses der atmosphärischen Luft gegen einander seine sonst bedeutende Beweiskraft für eine chemische Mischung verliert.

Die eigentliche Art, auf welche die constituirenden Bestandtheile der Atmosphäre mit und neben einander bestehen, hatte man früher nicht genauer untersucht, vielmehr nahm man gleichsam als stillschweigend zugestanden an, dafs alle Gasarten aus sehr feinen Elementen einer ponderabelen Basis beständen, deren Expansibilität durch die Wärme bedingt würde, welches auch noch jetzt die allgemein herrschende, durch La Place insbesondere unterstützte Hypothese ist. *Sonach* mufs man also zugleich annehmen, dafs die Elemente der einzelnen, in der atmosphärischen Luft zu einem Ganzen vereinigten, Bestandtheile im Verhältnifs ihrer Menge neben und zwischen einander liegen, und dieses findet auch dadurch Bestätigung, dafs der Druck, welchen die Atmosphäre im Ganzen auf das Quecksilber im Barometer ausübt, der Summe der Pressungen gleich ist, welche den einzelnen Bestandtheilen zugehört, und um so viel geringer wird, als der Druck eines einzelnen Bestandtheils beträgt, wenn dieser hinweggenommen ist. Dalton stellte indefs über die Verbindung expansibeler Flüssigkeiten überhaupt, und dem gemäfs auch über die der atmosphärischen Luft eine eigene Hypothese auf, welche sinnreich ausgedacht im Wesentlichen folgende unter dem Namen des *Daltonschen Gesetzes* bekannte ist[1].

Dafs die atmosphärische Luft keine chemische Mischung sey, schlofs Dalton sowohl aus sonstigen Gründen, als insbesondere aus dem Verhalten des Dampfes in den Luftarten. Jede Art Dampf mufs nämlich die Siedehitze haben, wenn

1 Manchester Mem. V. 543. Bibl. Brit. XX. 325. Nicholsons J. V. 241. G. XII. 385.

seine Elasticität dem Drucke der Luft gleich kommen soll, und es müfsten daher bei dem starken Drucke der Atmosphäre alle Dampfarten condensirt werden, wenn dieser nicht für sie gleichsam verschwindend wäre, indem zugleich an eine chemische Auflösung desselben in der Luft deswegen nicht zu denken ist, weil jede Verminderung der Temperatur einen Niederschlag bewirkt. Diese Erscheinungen also, dafs verschiedene Gasarten von ungleichem spec. Gew. in Gefäfsen, von welcher Höhe sie auch seyn mögen, und ohne Rücksicht darauf, ob man die leichteren oder schwereren anfänglich oben oder unten hinbringt, sich den aërostatischen Gesetzen zuwider vollständig vermischen und ganz gleichmäfsig unter einander vertheilen, desgleichen dafs die verschiedensten Dämpfe in einer blofs durch die Temperatur bedingten Dichtigkeit überall in den Luftarten sich verbreiten, glaubte Dalton auf keine andere Weise erklären zu können, als durch die Voraussetzung, dafs ihre Theilchen sich gar nicht zurückstofsen, mithin in Beziehung auf einander ganz unelastisch, und daher in ihren gegenseitigen Wirkungen auf einander den Gesetzen nicht elastischer Körper unterworfen sind. Namentlich können hiernach die Dämpfe in der Atmosphäre bei jeder Temperatur als lauter verschiedene Flüssigkeiten, und ganz unabhängig von dem atmosphärischen Drucke bestehen, indem jeder andere Druck, aufser ihr eigener, auf sie nicht den mindesten Einflufs hat, und jeder Dampf in Rücksicht des Druckes sich so verhält, als wäre er die einzige Flüssigkeit, welche die Atmosphäre bildet[1]. Sperrt man Luft über einer Substanz, welche entweder den Wasserdampf oder einen Bestandtheil der Luft, z. B. das Sauerstoffgas absorbirt, als Schwefelsäure und Schwefelkali, so können diese nur denjenigen Antheil aufnehmen, welcher mit ihnen in unmittelbarer Berührung ist. Dennoch aber wird die ganze Menge allmälig verzehrt werden, welches nicht anders erklärlich ist, als wenn man annimmt, dafs der stets verminderte Antheil sich jederzeit wie-

---

1 Diese Behauptung ist, strenge genommen, nach den oben mitgetheilten Resultaten der Versuche über das Bestehen mehrerer Dampfarten neben einander unrichtig.

der gleichmäfsig durch den ganzen Raum verbreitet. Die Atmosphäre ist *sonach* ein zusammengesetztes aus hauptsächlich 4 verschiedenen Flüssigkeiten, oder *aus* 4 besondern *Atmosphären*, aus Stickstoffgas, welches an der Oberfläche der Erde im Mittel einen Druck von 21,2 engl. Z. Quecksilberhöhe ausübt, aus Sauerstoffgas, welchem ein Druck von 7,8 engl. Z., aus Wasserdampf, welchem von etwa 0,1 bis 1 Z., und aus Kohlensäure, welcher etwa 0,5 Z. Quecksilberhöhe zugehören. Später hat Dalton [1] den Druck der einzelnen Atmosphären genauer bestimmt, nämlich der Stickstoffgasatmosphäre = 22,36 engl. Z. der Sauerstoffgasatmosphäre = 6,18, der Wasserdampfatmosphäre = 0,44, der Kohlensäureatmosphäre = 0,02 engl. Z.

Indem diese Theorie bald sehr allgemeinen Widerspruch fand, so hat Dalton sich wiederholt bemühet, sie näher zu erläutern, in der Voraussetzung, dafs sie, richtig verstanden, gewifs Beifall finden müsse. Indefs enthalten die Erläuterungen nichts wesentlich Neues, aufser etwa folgende Zusätze. Man soll sich denken, dafs jede Gasart etwa aus 1 *Th. fester Masse auf 1000 und mehreren Theilen leerer* Räume oder Poren bestehe, so dafs sich also noch eine Menge anderer Gasarten dazwischen befinden könnten, ohne die erstere in ihrem Verhalten wesentlich *zu stören* [2]. In der ausführlichen Vertheidigung seiner Theorie gegen die Einwürfe Berthollet's, Thomson's, Murray's und Gough's [3] findet man gleichfalls keine neue triftige Argumente. Leicht wird es *ihm* darzuthun, dafs der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft nicht aufgelöset sey, und dafs man überhaupt die letztere nicht als eine chemische Verbindung ansehen könne. Wenn er aber zugleich zur Erläuterung anführt, man könne die verbundenen Gasarten so bestehend denken, wie etwa Wasser zwischen Sande, oder nach andern wie kugelförmige Körper von verschiedener Gröfse in dem nämlichen Gefäfse, welche neben einander liegend den

---

1 Manchester Mem. New Ser. I. G. XXVII. 585.

2 Nichols. J. Dec. p. 267. G. XIII. 438.

3 Ein neues System d. chemischen Theils d. Naturwissenschaft. übers. von Wolf. Berl. 1812. 2 Vol. 8. I. 170 ff.

Raum des Ganzen nicht vermehren, so ist dieses Beispiel nicht adäquat, indem diese Körper nicht expansibel sind, folglich über den Raum hinaus, welchen jeder einzelne einnimmt, keine Wirkung ausüben. Eben so unpassend ist es, wenn Dalton zur Erläuterung ferner anführt, daſs die Repulsion der Gasarten gegen einander der magnetischen Abstoſsung ähnlich, und einer besondern, mit dieser vergleichbaren, Kraft zuzuschreiben sey, von welcher Vorstellung er indeſs später zurückgekommen ist, indem er die Repulsion als eine Folge des Wärmestoffes ansieht [1]. Neu, aber noch weit weniger haltbar, als das Frühere, ist allerdings die Vorstellung, daſs die gleich groſsen Bestandtheile einer jeden Gasart so, wie horizontal liegende Schrotkörner geordnet seyn sollen, deren jedes bei mehreren übereinander liegenden Schichten auf vier unteren ruhet, und jedes in einer Richtung berührt, welche mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildet. Wird dann eine andere Gasart von kleineren Bestandtheilen beigemischt, so variirt die Richtung der Berührung zwischen 40° und 90° (?). Hieraus soll eine Bewegung entstehen; die Theilchen der einen Art können sich nicht an die der andern anschlieſsen, und sie werden daher durch die fortdauernde Bewegung so lange fortgetrieben, bis sie durch ihr eigenes Gewicht zurückgehalten werden, oder eine eigene Atmosphäre bilden. Diese neue Darstellung soll mit den früheren in folgenden zwei, für die Mischung der Gasarten wesentlichen Puncten übereinstimmen, daſs 1. die Vertheilung der Gasarten durch einander vermittelst der, den homogenen Theilchen angehörenden Repulsion oder des expandirenden Princips geschieht, und 2. daſs die Spannung jeder einzelnen der gemischten Gasarten gegen die Wände des einschlieſsenden Gefäſses genau so groſs ist, als wenn dasselbe allein in demselben vorhanden wäre [2].

Nur wenige Physiker sind Dalton's Hypothese beigetreten, z. B. Henry [3], welcher indeſs bloſs die von dem Be-

---

1 System. I. 211.
2 Ebend. 213.
3 Nicholson's J. VIII. 145. IX. 126. G. XXI. 293 u. 432.

gründer derselben schon aufgestellten Beweise wiederholt, ohne neue und triftige Argumente beizubringen. Der bedeutendste, gründlichste und eifrigste Vertheidiger derselben ist aber BENZENBERG. Nach diesem [1] beträgt der Druck

der Stickstoffgasatmosphäre	21,2336	par. Z.
der Sauerstoffgasatmosphäre	6,4986	—
der Kohlensäureatmosphäre	0,0278	—
der Wasserdampfatmosphäre	0,4200	—
zusammen	28,1800	par. Z.

Beständen diese Atmosphären wirklich für sich nach Dalton, so müfste jede den Schall besonders leiten [2], und wenn man annimmt, die Newtonsche Theorie hierüber sey richtig, und die specifischen Federkräfte verhielten sich umgekehrt wie die spec. Gewichte der expansibelen Flüssigkeiten, so wären für die Formel, wonach die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft in par. F. berechnet wird [3], nämlich $c = \sqrt{(2\,p\,B\,g)}$ folgende Werthe zu setzen.

Für Wasserdampf	p	=	14993	; c	=	1027,6
— Stickstoffgas	p	=	10830	; c	=	873,4
— Sauerstoffgas	p	=	9414	; c	=	814,5
— Kohlensäure	p	=	6997	; c	=	701,3
— trockne Luft	p	=	10495	; c	=	859,7
— feuchte Luft	p	=	10542	; c	=	861,7

Der Antheil Kohlensäure in der Atmosphäre ist ohne Zweifel zu geringe, um den Schall für sich fortzupflanzen. Geschähe dieses aber in den übrigen Bestandtheilen, so müfste die Geschwindigkeit des zuerst wahrgenommenen Schalles diejenige seyn, welche dem Wasserdampfe zugehört, und die Dauer bis zu dem zuletzt gehörten so grofs, als die Fortpflanzung durch die Sauerstoffgasatmosphäre längere Zeit als die durch die Wasserdampfatmosphäre erfordert. Erstere Gröfse stimmt sehr genau mit der Erfahrung überein, letztere nicht. Auf eine Entfernung von 14241 p. F. war nämlich nach der Theorie

1 G. XLII. 155.

2 Vergl. Dalton N. Syst. I. 207.

3 S. *Schall; Fortpflanzung desselben.*

Fortpflanzung durch Wasserdampf	= 13,9	Sec.
— — — Sauerstoffgas	= 17,5	—
Unterschied nach Theorie	= 3,6	—
— — Erfahrung	= 2,0	—
Differenz	= 1,6	Sec.

Diese Abweichung ist so bedeutend, dafs die Erfahrung bestimmt gegen Dalton entscheiden würde, um so mehr als nach dessen Theorie die Blasinstrumente auch doppelte Töne geben müfsten, wenn man erstlich die Newtonsche Hypothese überhaupt für absolut begründet halten könnte, und nicht zweitens die ausnehmend geringe Intensität des Schalles in Wasserstoffgas und daher auch sicher in dem noch dünneren Wasserdampfe nach Leslie's Versuchen[1] es mehr als wahrscheinlich machte, dafs dieser den Schall in gehöriger Stärke auf die angegebene Entfernung fortzupflanzen durchaus unfähig sey.

Weit wichtiger ist die Prüfung der *Dalton'schen Theorie* vermittelst der Barometerstände in verschiedenen Höhen. Wenn man annimmt, dafs nach derselben jede abgesonderte Atmosphäre für sich auf das Barometer drückt, letzteres aber jederzeit die Summe der Pressungen aller dieser Atmosphären zeigt, so mufs die Länge der Quecksilbersäule mit der Höhe in demjenigen Verhältnisse abnehmen, als die mit der Höhe gleichfalls in ihrem Drucke abnehmenden einzelnen Atmosphären weniger auf dieselbe drücken. Benzenberg[2] berechnet hiernach folgende Tabelle

Höhe in p. F.	Barometerhöhe Dalton	Gemeine	Unterschied	Unterschied der Berghöhen.
0	28,1800	28,1800	0,0000	0,0
2000	25,9717	25,9795	0,0078	7,3
4000	23,9381	23,9509	0,0128	13,0
6000	22,0642	22,0806	0,0164	18,4
8000	20,3376	20,3564	0,0188	22,6
10000	18,7470	18,7667	0,0197	25,8
12000	17,2812	17,3014	0,0202	28,7
14000	15,9309	15,9504	0,0195	29,9
16000	14,6862	14,7049	0,0187	31,2
18000	13,5394	13,5566	0,0172	31,1
20000	12,4829	12,4980	0,0151	29,6

1 Annals of Phil. 1822. *Sept.* p. 172.
2 a. a. O. p. 168.

Benzenberg macht diesemnach eine Anwendung der Daltonschen Theorie auf die durch barometrische Messungen vermittelst der Biotschen Tafeln *gemessenen* Höhen des Monte Gregorio, und nimmt hierzu deswegen diese Tafeln, weil bei der Berechnung derselben die Abwiegungen der Luft gegen Quecksilber zum Grunde liegen [1]. Hieraus geht dann allerdings das Resultat hervor, dafs mit Anwendung der genannten Theorie die Höhen genauer, als ohne diese gefunden werden, und hierin läge denn ein bedeutender Beweis für ihre Richtigkeit, wie Benzenberg auch noch weiter darzuthun sucht. Wenn man indefs die mannigfaltigen Bedingungen berücksichtigt, welche bei Barometermessungen in Betrachtung kommen, namentlich wenn man die Formel auf die ohnehin so schwierigen Abwägungen der Luft bauet, so kann das hieraus entnommene Argument nicht füglich neben andern triftigen Gegengründen gegen die Daltonsche Theorie als entscheidend angesehen werden.

Benzenberg läfst den Einflufs der *Daltonschen Theorie* auf die Resultate eudiometrischer Prüfungen der Luft aus verschiedenen Höhen gleichfalls *nicht unberücksichtigt*. Uebergehen wir den von ihm gleichfalls in Anregung gebrachten Unterschied des spec. Gew. der Luft aus verschiedenen Höhen als in der Regel zu geringe, zu wenig bestimmbar und daher auch zu wenig entscheidend, so wird das Mischungsverhältnifs derselben dagegen in folgender Tabelle dargestellt.

Volumen.

Höhe über d. Meere p. F.	Stickstoffgas	Sauerstoffgas	Kohlensäure.
0	76,49	23,41	0,10
2000	76,71	23,20	0,09
4000	76,92	22,99	0,09
6000	77,13	22,78	0,09
8000	77,35	22,57	0,08
10000	77,56	22,36	0,08
12000	77,76	22,16	0,08
14000	77,97	21,95	0,08
16000	78,18	21,75	0,07
18000	78,38	21,55	0,07
20000	78,58	21,35	0,07

1 S. *Höhenmessungen, barometrische.*

Es ergiebt sich hieraus, dafs die von GAY-LÜSSAC mitgebrachte Luft allerdings 2 PC. Sauerstoffgas weniger hätte haben müssen, und da dieses nicht der Fall war, die Endiometrie aber Resultate giebt, welche bis auf 0,001 genau sind, so liegt hierin der wiederholt aufgestellte entscheidende Gegenbeweis gegen die Richtigkeit der Daltonschen Theorie. BENZENBERG sucht diesen indefs durch das Argument zu entkräften, dafs er voraussetzt, bei allen eudiometrischen Versuchen über Wasser erhalte man allezeit die vom Wasser absorbirte Luft; allein GILBERT [1] bemerkt dagegen mit Recht, dafs diese Behauptung im Allgemeinen gegen die Erfahrung streite, und in dem vorliegenden speciellen Falle kommt obendrein noch der Umstand in Betrachtung, dafs das Wasser das Sauerstoffgas stärker festhält, als das Stickstoffgas, mithin hätte die aus dem Sperrwasser erhaltene Luft vielmehr reicher an Sauerstoffgas seyn müssen.

Weit gröfser dagegen ist die Zahl derjenigen Physiker, welche sich *gegen* die *Daltonsche Theorie* erklärt haben, unter denen BERTHOLLET [2], THOMSON [3], GOUGH [4], welcher die Luft für eine chemische Mischung erklärt, und viele Streitschriften mit seinem Schüler DALTON deswegen gewechselt hat, und MURRAY [5] gleich anfangs am meisten Aufsehen erregten. Der gewichtigste Gegner, dessen Einwürfe DALTON aber aus Mangel an Bekanntschaft mit deutscher Literatur schwerlich gekannt und in seinen Widerlegungen nicht berücksichtigt hat, ist TRALLES [6]. Dieser zeigt, dafs die Hypothese von einem Bestehen mehrerer expansibeler Flüssigkeiten in und neben einander ohne gegenseitige Repulsion mit dem Wesen derselben im Allgemeinen nicht wohl vereinbar ist. Insbesondere aber erweiset er durch Rechnung, dafs aus einer solchen Voraussetzung allerdings ein Unterschied der Barometerstände in sehr grofsen Höhen gegen die-

---

1 Ann. XLII. 185.

2 Statique chim. I. 274. 487. Ann. de Chim. XLIII. 44.

3 Système de Chim. III. 40 ff.

4 Phil. Mag. XXIV. 103. Nicholson's J. VIII. 243. IX. 52. X. 20. G. XXI. 401. ff.

5 System of Chemistry. 4 Vol. 1806 – 7.

6 G. XXVII. 400. ff.

jenigen folgen würde, welche bei einer gleichmäfsigen Mischung der atmosphärischen Luft ebendaselbst statt finden würden, dafs aber dieser Unterschied für 6600^m, als der gröfsten durch Gay-Lüssac erreichten Höhe noch nicht mehr als 0,013 Z. betrage, und daher keine Hoffnung vorhanden sey, aus Barometerbeobachtungen in geringeren Höhen diese Frage durch die Erfahrung zu entscheiden. Dagegen müfste nach seiner Berechnung in der angegebenen Höhe die Luft um zwei im Hundert an Sauerstoffgas ärmer seyn, als an der Oberfläche der Erde, und da die von Gay-Lüssac angestellten eudiometrischen Prüfungen ein ganz gleiches Mischungsverhältnifs geben und bis auf 0,001 für genau gelten können, so liege hierin ein genügender Grund, die Dalton-sche Theorie mit der Erfahrung nicht übereinstimmend zu finden.

Verschiedene Einwendungen gegen *Dalton's Theorie* hat der Begründer derselben allerdings wohl so weit beseitigt, dafs er sich nicht für gezwungen hielt, sie aufzugeben. Das Gewicht desjenigen Gegenbeweises, welchen man aus eudiometrischen Versuchen hernahm[1], stellt er allerdings nicht in Abrede, bekennt zugleich auch aufrichtig, dafs er in der Luft aus einer Höhe von 3300 engl. Fufs keinen Unterschied wahrgenommen habe[2]. Ob indefs die Eudiometer so zuverlässig sichere Resultate geben, dafs bei so geringen Unterschieden, als mittleren Höhen zukommen, und bei der geringen Anzahl von Versuchen mit Luft aus sehr grofsen Höhen hieraus ein unumstöfslicher Beweis hergenommen werden könne, bleibt immer fraglich. Für das gewichtigste Argument gegen seine Theorie hält Dalton[3] selbst dasjenige, welches Berthollet und Thomson ihm entgegengestellt haben. Wäre sie nämlich in ganzer Strenge richtig, übten die in einem Raume vorhandenen Gasarten gegen eine andere beigemischte wirklich gar keine Repulsion aus, und wären sie für diese gleichsam nicht vorhanden, warum breiten sich Dämpfe und Gasarten so langsam in lufterfüllten Räumen

1 Berthollet Ann. de Chim. XXXIV. 85.

2 G. XXVII. 386.

3 System. • 195.

aus, und nicht mit gleicher Schnelligkeit als im luftleeren? Wie ist es möglich, dafs namentlich die Kohlensäure in Cisternen, Kellern u. s. w. bei mangelndem Luftzuge so lange verweilt?

Aufser dieser, mit Dalton's Theorie durchaus unvereinbaren Thatsache ist dieselbe aber an sich weder zulässig noch viel weniger nothwendig. Dafs der Wasserdampf in der Atmosphäre nicht aufgelöset sey, mufste man bald finden, und die Thatsache, dafs in luftleeren Raume keine gröfsere Quantität desselben vorhanden sey als im lufterfüllten, fiel sowohl andern Physikern, als insbesondere auch Dalton auf, vermochte aber den letzteren zwar scharfsinnigen, aber in seinen Schlüssen leicht voreiligen Physiker zur Gründung einer in sich selbst unhaltbaren Theorie. Dieser bedürfen wir übrigens nicht, um das Verhalten der Gasarten gegen einander zu begreifen. Legt man nämlich diejenige (allerdings nur hypothetische, aber mit allen Naturgesetzen im Einklange stehende) Vorstellung zum Grunde, welche zuerst J. T. Mayer[1] äufserte, demnächst Dalton[2] vorzüglich hervorhob, neuerdings La Place[3] sinnreich mit den allgemeinen Naturgesetzen verflocht, so folgen die sonst auffallenden Erscheinungen hieraus von selbst. Nach der Darstellung des letzteren bestehen alle Gasarten aus Moleculen, welche der Anziehung der umgebenden Moleculen, der Anziehung des Wärmestoffes dieser Moleculen, und der Abstofsung ihres eigenen Wärmestoffes gegen den der umgebenden Moleculen unterworfen sind. Sind also Gasarten oder Dämpfe sich selbst im freien Raume überlassen, so werden ihre Moleculen durch die Repulsion ihrer eigenen Wärmestoffatmosphären sich so weit entfernen, oder aber die Gasarten werden sich schnell frei und ungehindert so weit ausdehnen, bis ihre specifische Elasticität als Wirkung der Wärme mit der Attraction der Moleculen unter sich oder gegen einen sonstigen anziehenden Körper, z. B. die Erde, ins Gleichgewicht kommt. Werden aber Gasarten zusammen-

1 Gren J. VII. 216. 377. Vergl. *Abstofsung*.
2 System. I. 142.
3 Ann. de Chim. XXI. 22. Vergl. XVIII. 273. Méc. cél. V. 87. 92.

gemischt, so werden sie sich auch ohne chemische Affinität und hieraus nothwendig folgender Dichtigkeitsänderung verbinden, indem ihre beiderseitigen Molecülen wechselseitige Attraction ausüben. Ob hierbei die beiderseitigen Wärmeatmosphären die Bewegung hindern, ist zwar nicht auszumitteln, auf allen Fall aber sehr unwahrscheinlich. Dessen ungeachtet aber muſs die Mischung nicht, wie im freien Raume, höchst schnell, sondern langsam vor sich gehen, weil jedes einzelne Molecül aus der Attractionssphäre des einen in die des andern übergeht, so daſs durch Mitwirkung des specifischen Gewichtes eine schwerere Gasart sich in tieferen und beschränkten Räumen längere Zeit unvermischt erhalten kann. Wegen der gegenseitigen Repulsionen der den verschiedenen Molecülen zugehörigen Wärmeatmosphären werden diese sich übrigens ins Gleichgewicht setzen, und dieses kann bei zugleich statt findender Anziehung der Molecülen nicht eher statt finden, als bis sie überall gleichmäſsig gemischt sind, wobei ihre gemeinschaftliche Elasticität der Summe der Elasticitäten der einzelnen gleich seyn muſs, indem, wenn man sich so ausdrücken will, die wechselseitigen Wärmeatmosphären mit gleicher Stärke der Spannungen einander begrenzen oder berühren. Hierin liegen alle Erscheinungen, welche bei den Mischungen der Gasarten und Dämpfe in der Atmosphäre sich dem Beobachter darbieten.

Sobald man die Ebbe und Fluth des Meeres als Folgen der Anziehung von Mond und Sonne erkannte, schloſs man, daſs diese Himmelskörper eine ähnliche Wirkung auf das Luftmeer hervorbringen müſsten, und sah diese als jenen ähnliche Erhebungen und Senkungen an. Dieser Meinung waren nach Newton insbesondere Sigorgne[1], Frisius[2], welcher die Schwankung des Barometers durch die Sonne auf $\frac{1}{158}$ L. durch den Mond auf $\frac{1}{48}$ L. berechnet, Sigaud de la Fond[3] u. a. Viele sahen indeſs in dem Einflusse des Mondes auf die Atmosphäre eine vorzügliche Ursache der Winde und der Witterung überhaupt, z. B. Bernoulli, d'Alem-

---

1 Praelectiones astronomiae Newtonianae. Tub. 1769. 8.
2 De Gravitate universali. II. 252.
3 Elements. III. 370.

bert[1], dessen Rechnungen ohngefähr gleiche Gröfsen als die des Frisi geben, Mead[2], Toaldo u. a. vorzüglich die älteren Physiker in ihren Untersuchungen über die Winde, als Baco, Gassendi, Des Chales, Dampier, Halley u. a. Mann[3] sucht zu beweisen, dafs durch den Einfluſs der Sonne und des Mondes auf das Luftmeer täglich 3 Fluthungen, zwei durch Anziehung und eine durch die Sonnenwärme entstehen müssen, und führt verschiedene Erscheinungen der Winde, selbst der heifsen, hierauf zurück. Periodische Schwankungen der Atmosphäre, durch den Einfluſs der Sonne und des Mondes erzeugt, folgerten Chiminello[4], Lamark[5], Toaldo[6] Cotte[7] und mehrere andere aus den Barometerveränderungen. Wenn man indefs von demjenigen Einflusse abstrahirt, welcher dem Monde auf die Witterung und zugleich auch auf das Barometer von vielen beigemessen ist, ohne dafs die Erfahrung dieses bestätigt[8], so geben theoretische Untersuchungen und die Erfahrung hinsichtlich der durch die Sonne und den Mond veranlafsten Schwankungen der Atmosphäre in der Hauptsache folgende Resultate[9].

Eine gelehrte geometrische Untersuchung über die atmosphärischen Fluthen stellte d'Alembert[10] an. Als man sich nachher immer mehr von den täglichen periodischen Schwankungen des Barometers überzeugte, schrieben einige Gelehrte, z. B. Cassan[11] u. a. diese der Anziehung der Sonne und des Mondes zu, obgleich die Tageszeiten dieser Oscillationen es unmöglich machen, sie von der Anziehung des letzteren Weltkörpers gegen die Atmosphäre abzuleiten. Am gründlichsten wurde die Frage durch La Place untersucht,

1 Réflexions sur la cause générale des Vents. Par. 1747.

2 De imperio solis et lunae in corp. hum. nullo etc. Amst. 1710. 8.

3 J. de Ph. XXVII. 7.

4 Nouv. Mém. de Berlin 1778. Hist. p. 45.

5 J. de Ph. III. 428. XLVI. 428.

6 Novae Tabulae barometri aestusque maris. Patav. 1773. 4.

7 Traité de météorologie Par. 1774. p. 186. Mémoires sur la Météorologie Par. 1788. I. 100. ff.

8 S. *Barometer; Veränderungen desselben.*

9 Vergl. *Ebbe und Fluth.*

10 Réflexions sur la causa générale des Vents. Berl. 1774. 4.

11 Gren J. III. 109.

welcher indeſs anfangs[1] das Resultat erhielt, daſs Sonne und Mond zwar eine Anziehung gegen die Atmosphäre ausüben müſsten, daſs diese aber viel zu klein sey, um am Barometer wahrgenommen zu werden, indem die Wirkung auf dasselbe unter dem Aequator nicht mehr als 0,25 Lin. betragen könne, und daher in den übrigen Veränderungen verschwinde. Spätere genauere Berechnungen des nämlichen Geometers[2] geben sehr nahe ein gleiches Resultat, indem er für den gemeinschaftlichen Einfluſs beider Himmelskörper auf die Atmosphäre unter dem Aequator die gröſste Differenz des Barometerstandes = 0,2795 p. Lin. fand. Erst neuerdings ist es gelungen, aus sechsjährigen Beobachtungen zu Paris diese Behauptung durch die Erfahrung zu bestätigen. Hiernach beträgt nämlich der Einfluſs der Sonne auf das Barometer daselbst eine Morgens um 9 Uhr eintretende Erhöhung von $0^{mm},801$ über das Minimum des Barometerstandes um 3 Uhr Nachmittags, und der Einfluſs des Mondes in den Syzygien $0^{mm},0556$ Nachmittags $3^h\ 11'\ 49''$[3].

Die Atmosphäre ist, von der Erde aus betrachtet, am Tage blau, welche Farbe, als dem Himmel eigenthümlich zukommend, himmelblau genannt wird, bei Nacht erscheint sie schwarz, über Gletschern und Eisbergen[4], wenn diese durch die Strahlen der untergehenden Sonne geröthet werden, desgleichen zwischen den dunkelrothen Wolken der Abendröthe grün[5]. In höheren Breiten, desgleichen bei gänzlicher Abwesenheit von Wolken ist das Blau des Himmels heller und trüber, in niederen Breiten, namentlich in Italien, auf hohen Bergen, und zwischen sehr weiſsen abgeschnittenen Wolken dagegen geht die Farbe zum tiefsten Blau über, auch ist der Dünste wegen der Himmel im Zenith dunkler, gegen den Horizont hin zunehmend heller gefärbt[6],

---

1 Mém. de l'Ac. 1775. p. 76.

2 Méc. cél. II. L. IV. ch. IV. n. 44.

3 Méc. cél. V. 337. ff. Con. des Tems 1826. Ann. de Chim. et de Ph. XXIV. 284. Vergl. *Barometer*.

4 J. Ross. Reise nach dem Nordpol. d. Ueb. Leipz. 1820. p. 79.

5 Priestley Geschichte der Optik. p. 334. Münchener allgem. Zeit. 1818. N. 55. Pleischl bei Schweig. XXXIII. 277. Vergl. *Abendröthe*.

6 S. *Kyanometer*.

auf sehr hohen Bergen in niederen Breiten endlich geht die Farbe fast in völliges Schwarz über. Die Wolken reflectiren in der Regel weifses Licht, erscheinen aber, je nachdem sie dicker werden und mehr Licht verschlucken, vom hellsten bis zum tiefsten Grauspielen, aber unter bedingenden Umständen wegen individueller Lichtbrechung in allen verschiedenen Farbenmischungen. Von allem diesem kann hier indefs nicht die Rede seyn, indem blofs die Bläue der Atmosphäre zu untersuchen ist.

Der Erklärungen über die Ursache dieser Färbungen giebt es im Wesentlichen vier, welche zum Theil von den frühesten Zeiten bis jetzt wiederholt neue Anhänger erhalten haben.

1. Die älteste ist diejenige, welche Leonardo da Vinci[1] zuerst andeutete, Fromondus aber weiter ausbildete und fest zu begründen suchte. Hiernach soll die blaue Farbe des Himmels aus dem durch die Luft reflectirten weifsen Lichte und dem Schwarz des leeren Raumes über der Atmosphäre bestehen, und so viel dunkeler werden, je weniger von reflectirtem weissen Lichte beigemischt ist. Später ist Lahire dieser Theorie beigetreten, so wie Wolf und Muschenbroek, und nachdem sie fast vergessen war, hat sie v. Goethe wieder hervorgehoben, und wie Fromondus zur Grundlage seiner Farbentheorie gemacht. Mit ihr sehr nahe zusammenfallend, wo nicht identisch, ist die durch Otto v. Guericke aufgestellte Hypothese, die Bläue des Himmels sey eine Mischung aus Licht und Schatten, oder aus Weifs und Schwarz, welches er durch die Behauptung unterstützte, dafs schwarze und weifse Pulver von ihm in verschiedenen Quantitäten zusammengemischt die verschiedenen Abstufungen von Blau gegeben hätten. Die Wiederlegung dieser Hypothese ist allezeit nicht schwer befunden, indem, wie Priestley[2] sich richtig ausdrückt, Otto v. Guericke hätte finden müssen, wenn er die Pulver wirklich mischte, dafs Weifs und Schwarz nicht Blau, sondern Grau geben.

---

1 Traité de la Peinture cet. Par. 1651. chap. 328.

2 Geschichte der Optik. p. 328.

2. Die zweite Hypothese ist von Newton [1] und hat, einige Modificationen mitgerechnet, die meisten Anhänger erhalten. Hiernach sollen die feinen Theilchen der Luft die Kraft haben, blofs die brechbarsten Strahlen, die blauen zu reflectiren, nicht aber die übrigen farbigen [2]. Unter die Anhänger dieser Theorie gehört vorzüglich Melville [3] und Bouguer [4] wovon ersterer zugleich die Dünste in der Atmosphäre zu Hülfe nimmt, letzterer aber die Brechung der blauen Strahlen durch die Theilchen der Luft selbst geschehen läfst. Am meisten ist diese Erklärung durch Nollet [5] bekannt geworden, welcher gleichfalls behauptet, dafs die Lufttheilchen die übrigen gefärbten Lichtstrahlen das von der Sonne gegen die Erde, und von dieser wieder gegen die Atmosphäre geworfenen Lichtes durchlassen, die blauen aber reflectiren, und nachher noch mehr durch v. Saussüre und dessen zahlreiche Beobachtungen mit dem Kyanometer [6]. Auch Thomson [7] ist Melville's Ansicht zugethan, indem er die Luft selbst für farblos hält, die blaue Farbe aber durch die Dünste in der Atmosphäre vermittelst der Reflection entstehen läfst. Man kann als Anhänger dieser Hypothese auch diejenigen Physiker zählen, welche die blaue Farbe von der Brechung ableiten, wie Scheffer [8], welcher als Argument noch hinzusetzt, dafs die brechbarsten blauen und violetten Strahlen fast die Hälfte des Spectrums einnehmen.

3. Euler [9] ist der Urheber einer dritten Hypothese, welche von den meisten Physikern nach ihm angenommen wurde, und neben der vorigen noch gegenwärtig die meisten Anhänger hat. Hiernach soll die Luft selbst schwach blau

1 Opt. L. II. p. 2. prop. 5.

2 Hutton Dict. II. 403.

3 Edinb. Essays. II. 75.

4 Traité d'Optique p. 368.

5 Leçons de Ph. VI. 17.

6 J. d. Ph. XXXVIII. 199.

7 Système de Chim. III. 202.

8 J. d. Ph. XXVI. 175.

9 Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre übers. von Kries. Leipz. 1792. I. 177. Faber Nov. Act. Pet. II. 263. ist der nämlichen Meinung.

tingirt seyn, und obgleich für kleinere Räume völlig farblos, doch für größere blau erscheinen, genau wie schwach gefärbte Glasscheiben auf ihrer Fläche betrachtet weiſs, von der schmalen Kante gesehen dagegen gefärbt erscheinen. Genau genommen fällt diese Erklärung mit der vorigen zusammen, denn mit wenigen und leicht zu erklärenden Ausnahmen reflectiren gefärbte Körper das nämliche Licht, welches sie durchlassen, und es müſste daher sowohl das durchgehende, als auch das reflectirte Licht blau seyn, wenn die Luft wirklich diese Farbe besäſse. Als Anhänger dieser Hypothese können unter andern Berzelius[1], Scholz[2] u. a. genannt werden.

Auch gegen diese Hypothesen giebt es bedeutende Gegengründe. Vorerst kann die blaue Farbe des Himmels auf keine Weise von den Dünsten der Atmosphäre hergeleitet werden, indem diese im vollkommen expandirten Zustande sich gegen das Licht genau so als wie die Luft verhalten, sind sie aber niedergeschlagen, so machen sie die Atmosphäre milchig und trübe, bilden Wolken von verschiedener Dicke und heben hierdurch die Bläue auf. Sollte aber die Atmosphäre die blauen Strahlen reflectiren, so müſste sie selbst gefärbt seyn, am natürlichsten blau, auf allen Fall durch eine Farbe, weil es zwar wenige, aber doch einige, Körper giebt, welche ein anderes Licht zurückstrahlen als sie durchlassen, aber keinen, welcher, selbst völlig farblos, farbige Strahlen zurückwürfe. Auſserdem streitet diese Behauptung gegen sich selbst, indem sie voraussetzt, daſs die Lichtstrahlen, wie es bei der atmosphärischen Luft nothwendig ist, tief in den modificirenden Körper eindringen, hierdurch zur Farbenbildung modificirt werden, und nach der Reflection gefärbt, aber nach dem Durchgange unmodificirt und farblos erscheinen. Die Atmosphäre aber mit Euler für gefärbt zu halten, ist deswegen nicht möglich, weil sie sonst den durchgehenden Lichtstrahlen gleichfalls einen blauen Schein, und zwar einen tief blauen mittheilen müſste, nach der Tiefe ihrer eigenen Färbung zu urtheilen. Namentlich müſsten die

1 Lehrbuch der Chem. I. 257.
2 Physik p. 408.

Sonne, der Mond, die Planeten und Fixsterne diese Färbung zeigen, und da das Licht von einem Gegenstande in 24594 F. horizontaler Entfernung, also etwas mehr als eine geographische Meile, eine Luftmasse von gleicher Dichtigkeit, als die der ganzen Atmosphäre ist, durchläuft, so müfste auch bei den Farben der Objecte in dieser Weite die blaue Farbe der Atmosphäre zum Vorschein kommen, von welchem allem aber durchaus keine Spur vorhanden ist.

4. Nach einer vierten Hypothese ist die blaue Farbe der Atmosphäre blofs subjectiv, wie die Farbe des Meeres und der gefärbten Schatten[1]. Mehrere Physiker sind dieser Meinung nahe gekommen, indem sie die Bläue des Himmels mit den gefärbten, namentlich den blauen Schatten in Verbindung setzten, wie Mazeas, Bouguer, Buffon, Beguelin u. a.[2], und wirklich fällt die Erscheinung mit der Färbung der blauen Schatten so nahe zusammen, dafs hierauf insbesondere der Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärung beruhet. Unter den vielen Arten der Entstehung blauer Schatten dient zur Erläuterung der Himmelsbläue insbesondere folgende. Wenn im Winter bei niedrig stehender Sonne der Schatten der Bäume auf den Schnee fällt, so nimmt er die ganz eigenthümliche und sehr leicht kenntliche himmelblaue Farbe an. Das wenige, vom beschatteten Schnee reflectirte Licht erzeugt im Gegensatze des stärkeren, vom beleuchteten Schnee reflectirten diese Farbe vom hellsten bis zum tiefsten Himmelblau. Auf gleiche Weise erhält das Auge von der höchst durchsichtigen, wegen des schwarzen Hintergrundes ungefärbten Luft so viel weniger Licht, je geringer die Menge der Dünste und der heterogenen Bestandtheile in derselben ist, und um so dunkeler mufs daher die, dem Schatten, wie der Atmosphäre und dem klaren Meere zugehörige[3] eigenthümliche himmelblaue Farbe seyn.

---

1 Munke Physik. I. 210. Schweig. XXX. 83. Der an dieser letzteren Stelle als beweisend angeführte Versuch mit einem langen, inwendig schwarzen Rohre ist durch Brandes S. *Abendröthe*, gründlich widerlegt.

2 Priestley Gesch. d. Opt. 327.

3 Scoresby Account of the Arctic Regions. Edinb. 1820. II. Vol. 8. I. 171.

Am reinsten, schönsten und für Ort und Höhe ungewöhnlich tief erscheint sie daher zwischen den einzelnen weissen Wolken, und wird grün, wenn diese dunkelroth gefärbt sind, oder über röthlich strahlenden Eismassen und Gletschern.

Brandes[1] erklärt das bisher fast gar nicht genau untersuchte Phänomen der Abendröthe mit einer seltenen inneren Consequenz, und auf die dem Anschein nach einzig mögliche Weise, es sey denn, dafs man dasselbe auf Beugung des Lichtes zurückführen könnte. Mit jener Erklärung im Einklange steht die der Bläue des Himmels, welche unter der angegebenen der Newtonschen am nächsten kommt. Es wird indefs nicht zweckwidrig seyn, auch jener Erklärung eines eben so wichtigen als schwierig zu begreifenden Phänomen's einige Gegengründe entgegenzustellen, um so mehr, als die nämliche Frage noch einmal zur Untersuchung kommen mufs, nämlich bei der Färbung des Meeres, indem beide Erscheinungen höchst wahrscheinlich auf dem nämlichen Grunde beruhen. Gegen die von Brandes gegebene Erklärung läfst sich nämlich einwenden:

1. Durch die Ausscheidung der rothen Strahlen aus dem weifsen Lichte entsteht schwerlich blau, zum mindesten müfsten auch die gelben alle oder gröfstentheils durch die Atmosphäre dringen, wenn nicht grün entstehen sollte. Indefs kann dieses leicht zugegeben werden, da ohnehin bei der Abendröthe viel Gelb beobachtet wird. Allein
2. Eben weil die stärker brechbaren Strahlen mehr von den Körpern angezogen werden, dringen diese leichter in und durch die Körper, als die minder brechbaren. So dringen die blauen, grünen und gelben Strahlen durch dünne Goldblättchen, und geben blafsgrün, die rothen aber, mit viel weifsem Lichte, werden reflectirt, und geben Gelb.
3. Es giebt, der Erfahrung nach, keinen Körper, welcher farbiges Licht reflectirte, ohne selbst gefärbt zu seyn (die Atmosphäre, das Meer und die gefärbten Schatten machen die einzige scheinbare (?) Ausnahme). Dafs aber die Luft nicht gefärbt sey, ist oben gezeigt.

---

1 S. *Abendröthe.*

4. Wenn die Luft die rothen Strahlen mehr durchliefse, die blauen mehr reflectirte, so müfste man dieses beim Durchgange des Lichtes wahrnehmen. Bei stärkerem Lichte der Sonne und des Mondes würde dieses zwar nicht bemerklich seyn, wohl aber beim matteren Lichte der Planeten, vielleicht auch der Fixsterne. Allein Jupiter, Venus und Sirius erscheinen im weifsen, sanften, eher etwas bläulichem Lichte. Hiergegen läfst sich jedoch einwenden, dafs es ein Unterschied sey, ob das Licht zuerst in die dünneren Schichten der Atmosphäre dringe, oder von den dichteren in gröfserer Nähe der Erde reflectirt werde.

5. Wenn die Atmosphäre wirklich blaues Licht, noch dazu von der Tiefe, wie dieses oft der Fall ist, reflectirte, so müfste eine solche Färbung bei Gegenständen zum Vorschein kommen, welche blofs durch das, von der Atmosphäre reflectirte Licht beleuchtet werden, z. B. in Zimmern nach Norden in ebenen Gegenden. Hiervon zeigt sich aber nirgend eine Spur. Ist aber die Luft nicht selbst gefärbt, und widerlegt insbesondere dieses letztere Argument die Reflection des blauen Lichtes einzig oder nur vorzugsweise durch dieselbe, so ist es kaum möglich, eine andere Erklärung der Bläue des Himmels anzunehmen, als diese Farbe eben wie der gefärbten Schatten für subjectiv zu halten.

Dafs übrigens die Atmosphäre Licht reflectirt und nicht absolut durchsichtig ist, bringt den Menschen unglaublichen Nutzen. Ohne diese Eigenschaft nämlich würden wir an allen den Orten nicht sehen, welche blofs durch das von der Atmosphäre reflectirte Licht erleuchtet werden, und der grelle Abstand zwischen dem absoluten Schwarz des leeren Raumes und den hellen Lichtstrahlen würde das Auge ungemein ermüden, vielleicht sogar seine Sehkraft zerstören.

M.

Atmosphäre der Sonne.

Atmosphaera solaris; Atmosphère solaire. Dafs die Sonne mit einer feinen Materie umgeben sey, die ohne Zweifel durch die anziehende Kraft an ihrer Oberfläche festgehalten wird, hat man seit der Entdeckung des *Thierkreislich-*

tes, welches Cassini 1683[1] zuerst beobachtete, nicht bezweifelt. Dieses Thierkreislicht zeigt sich als ein matt erleuchteter Streif am Abendhimmel oder Morgenhimmel, und wir schliefsen daher, dafs diese Atmosphäre entweder ein schwaches eigenes Licht habe, oder das Sonnenlicht zurückwerfe, jedoch dabei so dünn sey, dafs sie das Licht der durch sie gesehenen Sterne nicht merklich schwäche.

Die sehr längliche Gestalt des Thierkreislichtes, dessen gröfster Durchmesser nahe mit der Ekliptik oder dem Aequator der Sonne zusammenfällt, läfst schliefsen, dafs die Sonnen-Atmosphäre die Gestalt eines sehr abgeplatteten Sphäroids habe. Da wir uns nämlich immer ziemlich nahe in der Ebene befinden, welche der Aequator dieses Sphäroids heifsen müfste, so läfst sich leicht zeigen, dafs es uns nie anders als in einer länglich elliptischen Form, deren Umrifs übrigens sehr verwaschen ist, erscheinen kann. Der gröfste Durchmesser dieser sphäroidischen Atmosphäre mufs mehr betragen, als der Halbmesser der Erdbahn, da das Thierkreislicht sich zuweilen weiter als 90 Gr. von der Sonne erstreckt.

Ob sich alle Erscheinungen, die das Thierkreislicht darbietet[2], genau durch die Annahme einer solchen Atmosphäre erklären lassen, verdiente wohl eine genaue Untersuchung, die sich jedoch nur anstellen läfst, wenn man Beobachtungen zum Grunde legt, welche die Gestalt des Thierkreislichts durch genaue Messungen bestimmen, indem bei dem blofsen Abzeichnen nach dem Augenmafs unter andern die Gesichtstäuschung, welche uns alle nahe am Horizont stehende Gegenstände als zu grofs beurtheilen läfst, in Betrachtung gezogen werden müfste.

Die abgeplattete Gestalt dieser Sonnen-Atmosphäre hat man daraus erklärt, dafs die Theilchen derselben durch die Rotation der Sonne mit um die Axe der Sonne fortgeführt würden, und die daher entstehende Schwungkraft den Aequatoreal-Durchmesser eben so vergröfsern müsse, wie es

---

1 Vergl. *Thierkreislicht*.

2 Z. B. die von Horner in der heifsen Zone beobachtete und in der monatl. Correspondenz X. Band abgebildete Gestalt desselben.

in geringerm Maſse der Fall bei der Erde ist, deren Meere ja aus eben dem Grunde eine sphäroidische Oberfläche bilden. Aber so richtig diese Ansicht in einiger Beziehung ist, so ist doch, wenn man der ganzen Atmosphäre eben die Rotationszeit, wie der Sonne selbst beilegt, LAPLACE's Einwendung[1] ganz gegründet, daſs sie sich nicht bis an die Bahn des Mercurius erstrecken könne. In einer Entfernung nämlich, die so groſs als die Entfernung des Mercurs von der Sonne wäre, würde ein in 25 oder 26 Tagen um die Sonne herumlaufendes Körpertheilchen eine Schwungkraft erhalten, die viel gröſser als die anziehende Kraft der Sonne wäre; die so entfernten und so schnell fortgeführten atmosphärischen Theilchen würden sich also im Weltraum zerstreuen. LAPLACE bemerkt ferner, daſs eine Sonnen-Atmosphäre, die eben so schnell als die Sonne selbst rotirte, eine nicht in dem Grade abgeplattete Form haben könnte, wie das Thierkreislicht sie zeigt, sondern daſs der Polar-Durchmesser wenigstens zwei Drittel des Aequatoreal-Durchmessers seyn würde. *Hieraus dürfen wir also* wohl mit Recht folgern, daſs die entferntern Theile der Sonnen-Atmosphäre nicht so schnell um die Sonne laufen, als es der Rotation der Sonne gemäſs wäre, sondern nur etwa diejenige Geschwindigkeit haben mögen, die ein in eben der Entfernung befindlicher Planet haben würde, indem nur dann zwischen Schwungkraft und anziehender Kraft ein Gleichgewicht besteht, zugleich aber auch aller Druck der so entfernten Theilchen gegen die Sonnen-Oberfläche aufgehoben würde.

Bei einer solchen Geschwindigkeit der Materie des Thierkreislichts fiele dann auch die Frage, ob die Planeten, über deren Bahnen hinaus sie sich erstreckt, durch sie einen Widerstand litten, so gut wie ganz weg, indem diese Planeten auf ihren fast kreisförmigen Bahnen ziemlich genau eben so schnell fortgehen würden, als die sie umgebende Materie. Eine Einwirkung dieses Stromes, der überdas doch gewiſs aus einer sehr dünnen Materie besteht, könnte also nur sofern statt finden, als erstlich die Ebene des Sonnen-Aequa-

1 Exposition du Système du monde. Livre IV. Chap. 9.

tors (mit welcher übereinstimmend wir wohl am natürlichsten die Bewegung jener atmosphärischen Theilchen annehmen) gegen die Ebenen der Planeten-Bahnen ein wenig geneigt ist, und zweitens die Planeten wegen ihrer elliptischen Bahnen nicht genau überall eben die Richtung und Geschwindigkeit haben könnten, wie jene Theilchen. Beide Umstände können indefs nur einen sehr geringen Widerstand bewirken. Dieselben Umstände müssen auch in Beziehung auf den Mond, der sich um die Sonne immer rechtläufig bewegt, den Widerstand unmerklich machen. Auf die Kometen hingegen könnte der Widerstand nicht blofs ihrer eignen geringern Masse wegen, sondern auch weil sie jenen Strom nach allen verschiedenen Richtungen durchschneiden, und sogar zuweilen ihm gerade entgegen laufen, wohl bedeutend seyn, und sogar eine geringe Aenderung in der Lage der Ebene, worin der Komet sich bewegt, hervorbringen[1]. Da es nach allen Umständen wohl als gewifs angesehen werden kann, dafs die Erde, wo nicht immer, doch wenigstens dann, wenn sie die Ebene des Sonnen-Aequators durchschneidet, (welches im Juni und im December der Fall ist,) sich in der Materie des Thierkreislichtes befindet, so könnte man mit Recht nach dem Einflusse fragen, den diese Materie auf unsre Atmosphäre hat. Mairan glaubte aus diesem Einflusse die Nordlichter erklären zu können[2], aber diese Erklärung kann man nicht als genügend ansehen, und auch von andern Erscheinungen, die wir jenem Einflusse zuschreiben könnten, ist bis jetzt nichts bekannt. *B.*

Atmosphäre des Mondes.

Atmosphaera lunaris; Atmosphère lunaire. Die früheren, auf blofsen Vermuthungen beruhenden Angaben über eine Atmosphäre des Mondes, z. B. die von Wolf[3], der den Mond der Erde vollkommen ähnlich annahm, haben für uns jetzt keine Wichtigkeit mehr, sondern wir werden die Frage, ob der Mond eine Atmosphäre hat, nur aus dem, was die Beobachtungen darbieten, beantworten.

1 Vergl. *Aether.*

2 Mairan traité de l'aurore boréale. Paris 1733.

3 Elementa Astronomiae. §. 486.

Schon im Anfange des vorigen Jahrhunderts wurden einige Beobachtungen bekannt, die nach der Meinung mehrerer Astronomen das Daseyn einer ziemlich dichten Atmosphäre um den Mond bewiesen. LOUVILLE glaubte bei der totalen Sonnenfinsternifs 1715 Blitze auf dem dunkeln Monde gesehen zu haben, und so glaubte er, (ohne zu bedenken, was für ungeheure Blitze das seyn müfsten, die in 50000 Meilen Entfernung sichtbar wären,) wirklich ein Gewitter auf dem Monde beobachtet, mithin den Beweis für eine der Erde-Atmosphäre ähnliche Dunstkugel des Mondes in Händen zu haben [1]. Bei eben jener totalen Sonnenfinsternifs und eben so auch bei der im Jahre 1706 bemerkte man, als die Sonne ganz verfinstert war, einen hellen Ring um den Mond, den man als seine Atmosphäre glaubte ansehen zu dürfen. Aber andre Beobachtungen zeigen deutlich, dafs eine so hohe und dichte Atmosphäre, wie sie seyn müfste, um sich als ein solcher Ring zu zeigen, nicht vorhanden seyn kann; man hat daher später diesen Ring anders erklärt, und es ist wohl nicht zu zweifeln, dafs BODE Recht hat [2], wenn er ihn als in unsrer Atmosphäre entstehend ansieht. Der Schatten des Mondes bedeckt nämlich immer nur einen kleinen Theil unsrer Atmosphäre, und indem wir unser Auge auf die verfinsterte Sonne richten, sehen wir also zugleich auf die benachbarten, erleuchteten Theile unsrer Atmosphäre, in welcher die Dünste, die das Licht zurückwerfen, uns eben so wie die Sonnenstäubchen in dem Lichtstrahle, welcher in ein übrigens dunkles Zimmer fällt, erleuchtet erscheinen. Diese Beleuchtung der uns umgebenden Atmosphäre wird um so mehr einen solchen hellen Ring darbieten, je mehr die Luft mit Dunsttheilchen beladen ist.

Jenen Beobachtungen, die für das Daseyn einer Mondatmosphäre entscheiden sollten, standen andere von weit gröfserer Bedeutung entgegen. Schon der Umstand, dafs wir nie die Mondflecken durch eine Trübung der Mondatmosphäre verändert sehen, war der Meinung nicht günstig, dafs er mit einer solchen Luft, wie unsre Erde umgeben

---

1 Mémoires de l'acad. de Paris pour 1715, p. 97.

2 Astron. Jahrb. 1820, S. 193.

sey; aber noch mehr sprach dagegen das fast immer plötzliche Verschwinden der Sterne, die vom Monde bedeckt werden. Wenn man seltene Fälle ausnimmt, so kann man im Allgemeinen sagen, daſs die Sterne nicht die mindeste Abnahme des Lichtes zeigen [1], wenn sie sich dem Mondrande nähern, sondern plötzlich von ihm verdeckt werden, statt daſs sie nothwendig eine Verminderung des Lichtes zeigen müſsten, wenn eine ziemlich dichte Mondatmosphäre uns schon, ehe sie an den Mondrand gelangen, einen Theil ihrer Strahlen entzöge. Nur in sehr wenigen Fällen hat man entweder eine geringe Schwächung des Lichtes oder eine Veränderung in dem Ansehen des Sternes, die allenfalls als Folge von Strahlenbrechung angesehen werden könnte, bemerkt [2], und diese nicht ohne Grund als einen Beweis angesehen, daſs in den tieferen Gegenden der Mondoberfläche Nebel liegen mögen, welche diese Erscheinung bewirken.

Durch Schröters Beobachtungen hat endlich die Frage, ob der Mond eine Atmosphäre habe, eine etwas entscheidendere Beantwortung erhalten. Schröter beobachtete nämlich erstlich, daſs sich an manchen Stellen des Mondes solche Aenderungen zeigen, die man örtlichen Verdichtungen in der Mondatmosphäre zuschreiben konnte [3]; und zweitens nahm er eine deutliche, aber freilich sehr schwache Dämmerung wahr. Von den erstern Erscheinungen werde ich bei der Beschreibung der Oberfläche des Mondes (Art.

1 Schröter giebt mehrere solche Beobachtungen an, (Selen. Fragm. 2. Th. §. 1063), wo auch einige der gleich zu erwähnenden Ausnahmen vorkommen.

2 Einen solchen Fall erzählt Schröter (Astron. Jahrb. 1798. S. 156.), da beim Eintritt des Aldebaran, als er vom Monde bedeckt wurde, nach der Berührung am Mondrande der Stern plötzlich sein gewöhnliches Licht verlor, als ein kleiner scintillirender Lichtpunct sichtbar blieb, nach drei Secunden wieder deutlicher aber schon innerhalb des Mondrandes erschien, und nun nicht plötzlich verschwand, sondern allmählig erlosch. — Wahrscheinlich mochte der Stern gerade an einer Stelle des Mondrandes eintreten, wo ein tiefes, vielleicht mit Nebel gefülltes Thal einen Einschnitt bildete, und deshalb konnte er als innerhalb der Mondscheibe erscheinen. (Vergl. Schröters Fragm. §. 1066. 1072 etc.)

3 Selenotopogr. Fragmente von Schröter 1 Th. §. 355. 2 Th. §. 831.

Mond und *Mondflecken*) mehr sagen; die andere Beobachtung gehört ganz hierher.

Schon früher hatte man mit Recht vermuthet, daſs man eine Dämmerung auf dem Monde bemerken müsse, wenn er eine Atmosphäre hätte, und da man diese nirgends bemerkte, sondern an der Lichtgrenze sogleich vollkommene Nacht zu herrschen scheint, so erschien dies als ein sehr wichtiger Grund gegen die Meinung, daſs ein solcher Dunstkeis vorhanden sey. Aber Schröter schloſs richtig, daſs man aus der Betrachtung der Lichtgrenze nicht auf gänzlichen Mangel der Dämmerung schlieſsen dürfe, indem ein *sehr schmaler* Dämmerungsstreif neben dem hellen Mondlichte nicht wohl könne gesehen werden. Er beobachtete daher den Mond sehr kurze Zeit vor und nach dem Neumonde, wo an den Hörnern die Dämmerung als sehr bedeutend erscheinen, und sich als eine Verlängerung des glänzenden *Hornes* zeigen muſste. Daſs diese Folgerung richtig sey, ist unverkennbar; denn wenn wir den Mond, ungestört durch die Sonne, beobachten könnten, wenn er ganz nahe bei der Sonne ist, so müſste der durch die Dämmerung erhellte Raum als ein matt erhellter Ring innerhalb der Mondscheibe diese ganz umgeben; sobald der Mond ein wenig von der Sonne weggerückt ist, kann dieser Ring an der von der *Sonne abgekehrten Seite* uns nicht mehr erscheinen, aber an den Hörnern wird noch ein Theil dieses Ringes, spitz *auslaufend*, als Verlängerung der Hörner erscheinen. Und so zeigte es sich in der That, obgleich bei verschiedenen Beobachtungen nicht immer gleich deutlich. Ich theile hier nur *eine* Beobachtung mit [7], die am 24. Febr. 1792, 2 Tage 12 Stunden nach dem Neumond angestellt wurde. „Mit völliger Deutlichkeit und Schärfe liefen beide Hörnerspitzen sehr fein und matt, fast gar nicht unterbrochen, ab, von der dunkeln Seite war aber noch nichts zu bemerken. Auf einmal aber fing die dunkle Halbkugel, aber bloſs am Rande und bloſs an beiden Hörnerspitzen auf einige Grade weit an, sich zu entwickeln; dieser Rand hatte eine ganz andere Farbe als die äuſsersten Hörnerspitzen, und fiel

---

7 Schröters selenotopogr. Fragm. 2 Th. §. 960.

ganz, wie es die Dämmerung fordert, immer matter ab. Von der ganzen übrigen dunkeln Halbkugel war nichts zu sehen, und erst 8 Minuten später ward (bei abnehmender Tageshelle) der übrige Rand der dunkeln Halbkugel sichtbar."

Bei dieser Beobachtung und so bei vielen andern liefs sich die durch Dämmerungslicht erleuchtete Hornspitze abmessen, und daraus bestimmen, dafs die Sonne in den Gegenden, wo wir noch die äufserste Dämmerung bemerken, etwa $2\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizonte ist. Daraus aber ergiebt sich[1] die Höhe der Mond-Atmosphäre, nur etwa 1400 par. Fufs. Da indefs unsre Beobachtung in die Zeit fällt, wo die Nachtseite des Mondes vom vollen Erdenlichte sehr hell erleuchtet ist, so kann man wohl annehmen, dafs die letzte Dämmerung auf dem Monde selbst, in Nächten, die nicht vom Erdenlichte erleuchtet sind, viel länger und etwa bis dahin, wo die Sonne 6 Grad tief steht, dauern mag, was denn für die Atmosphäre eine Höhe von 8000 Fufs giebt, statt dafs die unsrige auf 230000 Fufs hoch gerechnet wird.

Mit diesen Folgerungen stimmen auch noch andre Beobachtungen gut überein. Bei der Sonnenfinsternifs am 5. Sept. 1793, (die zwar grofs aber doch lange nicht total war) sah Schröter die dem Rande nahen Theile des Mondes in dunkelgrauer, vom Rande nach innen zu immer matter werdender Farbe[2], was sich aus dem Dämmerungslichte sehr wohl erklären läfst. Bei der ringförmigen Sonnenfinsternifs am 7. Sept. 1820 bemerkte Horner[3], dafs bei der Ringbildung den zugespitzten Hörnern eine feine, röthlich graue Linie, (die also die dunkle Mondkugel umgab,), voranzugehen schien. Zwei Secunden vor dem Schliefsen des Ringes vereinigten sich diese von beiden Hörnern her sich nähernden Bogenlinien. Eben diese Erscheinung wurde in umgekehrter Ordnung bei dem Oeffnen des Ringes, am Ende der ringförmigen Verfinsterung beobachtet. Eine kurze Bemerkung von Santini zeigt[4], dafs er und sein Mitbeobachter bei

1 S. *Dämmerung*.

2 Fragmente 2r Thl. §. 926.

3 Astron. Jahrb. 1824. S. 177.

4 Von Zach Correspondance astronomique. Vol. IV. p. 271.

eben der Sonnenfinsternifs am 7. Sept. 1820, sowohl die von Schröter beobachtete Dämmerung, als den von Horner beobachteten matten Lichtstreif (einen matten Glanz, ähnlich einer Morgenröthe, nennt er es) gesehen haben. *B.*

Atmosphäre der Planeten.

Atmosphaera planetae v. c. *Veneris.* Auch die neueren Beobachtungen der Planeten und ihrer Monde zeigen, dafs diese mit Atmosphären umgeben sind. Da die Frage, welche Erscheinungen man denn als atmosphärisch auf den Planeten ansehen kann, besser da beantwortet wird, wo diese Erscheinungen selbst erzählt werden, so behalte ich mehreres hieher gehöriges den Artikeln vor, welche von den einzelnen Planeten handeln, und bemerke hier nur folgendes. Dafs der *Mercurius* eine Atmosphäre hat, darf man aus dem von Schröter beobachteten veränderlichen Fleck schliessen[1]. Der *Mars* zeigt so viele veränderliche Flecken, dafs man darin Grund genug findet, um seine Atmosphäre als dem Dunstkreise der Erde sehr ähnlich anzusehen[2]. Auch an den Streifen des *Jupiter* und *Saturn* hat man Veränderungen bemerkt, die auf Veränderungen in der Atmosphäre dieses Planeten zu deuten scheinen[3]. Ueber die Atmosphäre der *Venus* hat Schröter genauere Beobachtungen angestellt. Schon der Umstand, dafs das Licht der Venus, wenn sie sichelförmig erscheint, gegen die Lichtgrenze sehr matt abfällt, zeigt, dafs das Licht der nahe am Horizont stehenden Sonne eben so, wie bei uns, sehr geschwächt ist, vermuthlich also dadurch geschwächt, dafs es dann einen viel gröfsern Weg in der Atmosphäre der Venus durchlaufen mufs. Hieraus läfst sich auf eine ziemlich dichte Atmosphäre schliefsen[4]. Eine solche Atmosphäre mufs aber nothwendig eine Dämmerung in den der Erleuchtungsgrenze nahe liegenden Theilen der Nachtseite hervorbringen, und

1 Schröters Hermographische Fragmente.

2 Herschels Beob. in den Philos. Transact. 1784.

3 Die Beobachtungen sind zusammengestellt in Brandes vornehmsten Lehren der Astronomie. 3r Th, S. 268 und 303.

4 Schröters Aphroditographische Fragmente. S. 88.

wirklich hat SCHRÖTER diese an den Hörnern der Venus oft ganz so beobachtet, wie es in dem Art. *Atmosphäre des Mondes* beschrieben ist. Es zeigte sich nämlich, bald am einen Horne, bald am andern mit gröſserer Deutlichkeit, eine das erleuchtete Horn verlängernde, matt grauliche oder bläuliche Lichtspitze, die sich allmählig ins Dunkle verlor[1] und sich ganz wie Dämmerungslicht ausnahm. Ganz eben das beobachtete HERSCHEL[2]. Die Ausdehnung dieser Dämmerung wurde mit verschiedenen Instrumenten ungleich gefunden, vermuthlich weil lichtstarke Fernröhre eine schwächere, also sich weiter erstreckende Dämmerung noch wahrnehmen lassen.

Obgleich nun diese Beobachtungen nur angeben, daſs die uns noch sichtbare Dämmerung auf der *Venus* so lange dauert, bis die Sonne 7,5 Grad unter dem Horizont ist, so erhellt doch, daſs das eigentliche Ende der Dämmerung für die Venus-Bewohner selbst erst viel später eintreten muſs, und die Dämmerung wohl ebenso wie auf der Erde bis zu der Zeit, da die Sonne 18 Grade unter dem Horizonte ist, dauern mag. Das leitet uns dann weiter zu dem Schlusse, daſs die Atmosphäre der Venus an Dichtigkeit und Höhe sich nicht viel von der unsrigen unterscheiden könne. Frühere Astronomen hatten gehofft, bei Vorübergängen der Venus vor der Sonne, ihre Atmosphäre als einen hellen Ring zu beobachten, und einige hatten geglaubt, diesen gesehen zu haben[3], aber SCHRÖTER bemerkt mit Recht, daſs die Höhe der Atmosphäre dazu zu geringe sey, und gewiſs so nicht könne wahrgenommen werden.

Was die Monde der Planeten betrifft, so mag es hier genügen, nur kurz zu bemerken, daſs einige derselben einen unregelmäſsigen Lichtwechsel zeigen, der das Daseyn einer Atmosphäre um dieselbe anzudeuten scheint[4]. *B.*

Attraction. S. *Anziehung.*

1 Schröter das. im ganzen 2 Abschn. der zweiten Abtheilung.
2 Philos. Transactions. for the Y. 1793.
3 Schröter führt diese Beob. an Aphr. Fragm. S. 168.
4 Vergl. Brandes Hauptlehren d. Astronomie. 3 Th. 293. 295.

Aufgang der Gestirne.

Ortus siderum; Lever des Astres; *the Rising of the stars.* — Die Gestirne gehen auf, wenn sie über dem Horizont hervorkommen. Daſs dieses am östlichen Horizonte geschieht, desto weiter nach Süden, je südlicher die Sterne stehen, ist bekannt. Wenn man die Strahlenbrechung unbeachtet läſst, so geht ein Stern auf, wenn sein berechneter Abstand vom Scheitel 90 Grade ist, und man kann also die Bestimmung, wenn dies geschieht, oder wie weit ein Stern, wenn er aufgeht, vom Meridian entfernt ist, durch eben die Formeln finden, welche den Abstand vom Scheitel und den Stundenwinkel durch einander bestimmen. Für ein Gestirn, das wie der Mond seine Stelle sehr schnell ändert, muſs man, nachdem die Zeit des Aufgangs vermittelst einer dieser Zeit nahe entsprechenden Stellung des Mondes berechnet worden, noch einmal mit der genau diesem Zeitpuncte entsprechenden Stellung die Rechnung wiederholen [1]. Will man auf die Strahlenbrechung Rücksicht nehmen, so muſs man für den Zenith-Abstand = 90° + Strahlenbrechung im Horizont, die Rechnung, welche den Stundenwinkel angiebt, führen. Es sey P die Polhöhe, D die Abweichung, x der Stundenwinkel, so ist Cos. x = — Tang. P. Tang. D, für den Augenblick, da der Stern 90 Grad von Zenith entfernt ist. Da die Strahlenbrechung nicht gar viel beträgt, so wird man die Vergröſserung, welche x ihretwegen erleidet, nahe genug durch Differentiirung der Formel

$$\text{Cos. } x = \frac{\text{Sin. } h - \text{Sin. } P. \text{Sin. } D}{\text{Cos. } P. \text{Cos. } D}$$

finden, wenn man h, welches das Complement des Zenith-Abstandes bedeutet, als veränderlich ansieht, also

$$- dx. \text{Sin. } x = \frac{dh. \text{Cos. } h}{\text{Cos. } P. \text{Cos. } D} \text{ setzt,}$$

welches für $h = 0$,

$$dx = \frac{dh.}{\text{Cos. } P. \text{Cos. } D. \text{Sin. } x} \text{ giebt.}$$

---

1 Vollständigere Anleitung dazu giebt Mollweide in d. Astron. Zeitschr. von v. L. u. v. B. II. S. 266.

In einer geographischen Breite von 50 Graden geht also die Sonne ungefähr wegen der Strahlenbrechung 3′ 20″ zu früh auf, wenn sie im Aequator ist, und 4′ 15″ zu früh auf, wenn sie ihre gröfste nördliche Abweichung hat.

In den alten Schriftstellern ist oft in einem andern Sinne vom Aufgange der Gestirne die Rede. Da nämlich in den ältesten Zeiten Bestimmungen des scheinbaren Ortes der Sonne unter den Sternen durch solche Beobachtungen, wie wir sie jetzt anstellen, nicht möglich waren, so mufste man sich zuerst begnügen, die Wiederkehr gleicher Stellungen der Sonne dadurch zu bestimmen, dafs man beobachtete, wann derselbe Stern mit ihr zugleich aufging, unterging, oder aus ihren Strahlen hervortretend wieder sichtbar ward. Diese Aufgänge und Untergänge der Sterne haben für uns in Beziehung auf die Erklärung der alten Schriftsteller noch ein Interesse, da diese zuweilen die Jahreszeiten dadurch bestimmen, die Zeit für gewisse Feld-Arbeiten darnach angeben u. s. w. Da Hesiodus, Virgilius u. a. Dichter dieser Aufgänge oft erwähnen, so hat man sie die *poëtischen Aufgänge der Gestirne* (ortus siderum poëticos) genannt. Auch die alten Astronomen haben hierüber geschrieben[1] und mehrere der frühern Astronomen, z. B. Meton und Euktemon beschäftigten sich mit Beobachtung dieser Aufgänge und Untergänge. Aus solchen Beobachtungen gingen die ersten Bestimmungen der Länge des Sonnenjahres hervor, indem man zum Beispiel in Aegypten fand, dafs die Ueberschwemmung des Niles immer dann eintrat, wenn der Sirius aus den Sonnenstrahlen hervortrat, und indem man diese Erscheinung fortwährend beobachtete, das Jahr ungefähr $365\frac{1}{4}$ Tage fand.

Die in den alten Schriftstellern erwähnten Aufgänge und Untergänge betreffen drei verschiedene Erscheinungen.

1. Der *Ortus heliacus* (lever héliaque) (*the heliacal rising*) ist das Hervortreten aus den Sonnen-

---

1 Mehrere hieher gehörige Schriften der Alten führt Pfaff an in s. Schrift de ortibus et occasibus siderum apud auctores classicos commemoratis. Ptolemaeus *περὶ φασέων καὶ ἐπισημασιῶν τῶν ἀπλανῶν*, und Geminus *Εἰσαγωγὴ εἰς τὰ φαινόμενα*, (das letztere findet sich mit vielen andern Schriften über den Aratus u. s. w. in Petavii uranologion) sind vorzüglich wichtig.

strahlen. Wenn nämlich die Sonne bei ihrem Fortrücken in der Ekliptik einem Sterne nahe kömmt, so wird er uns bekanntlich in der Abenddämmerung endlich unsichtbar, weil er schon sehr bald nach Sonnenuntergang, ehe noch die zu starke Dämmerung vorbei ist, untergeht. Dieses Verschwinden in den Sonnenstrahlen bezeichnet den Zeitpunct, wo er heliace *untergeht* (*occasus heliacus*, coucher héliaque). In den folgenden Tagen ist er unsichtbar, bis die Sonne ihn so weit hinter sich gelassen hat, daſs er in der Morgendämmerung wieder sichtbar wird, bis er lange genug vor der Sonne aufgeht, um in der noch schwachen Morgendämmerung gesehen zu werden. Wenn er so aufs Neue sich zeigt, so geht er heliace auf. Da Sterne erster Gröſse ungefähr sichtbar werden, wenn die Sonne 10 Grade unter dem Horizonte ist (obgleich auch dafür wegen Ungleichheit der Sehekraft und der Heiterkeit der Luft Verschiedenheiten statt finden), so läſst sich der Zeitpunct, wo sie heliace aufgehen oder untergehen, bestimmen, indem man den Punct der Ekliptik berechnet, welcher bei dem Aufgange eines gegebenen Sternes erster Gröſse 10 Grade unter dem östlichen Horizonte ist, und ebenso für den Untergang den Punct der Ekliptik, der bei Untergang des Sternes 10 Grade unter dem westlichen Horizonte ist; denn die Tage, da die Sonne in jenen Puncten eintrifft, sind die Tage des heliakischen Aufganges und Untergangs. Diese Zeitpuncte sind offenbar nicht einerlei für verschiedene Orte der Erde, da bei veränderter Polhöhe andre Puncte der Ekliptik in der bestimmten Tiefe unter dem Horizonte sind, wenn der Stern aufgeht oder untergeht. Diese Zeitpuncte bleiben aber auch an demselben Orte nicht unveränderlich, weil der Nachtgleichenpunct selbst auf der Ekliptik fortrückt und der Pol des Himmels jetzt ein andrer ist, als vor einigen Jahrhunderten. Man muſs daher, um die Stellen der alten Schriftsteller, wenn sie zum Beispiel vom Untergange der Plejaden sprechen u. s. w. — richtig zu verstehen, wissen, auf welchen Ort und auf welche Zeit sich diese Angabe beziehen soll. Hierdurch ist nun in jene Angaben selbst eine groſse

Unsicherheit gekommen, indem es sich deutlich zeigen läſst, daſs manche der alten Dichter[1] auf diese Ungleichheit für verschiedene Zeiten und Orte nicht Rücksicht nahmen, und daher Angaben vermischten, die nicht für einerlei Ort und einerlei Zeit passen.

2. Der kosmische Aufgang eines Sternes, (*Ortus cosmicus*, Lever cosmique,) ist der Zeitpunct, da ein Stern mit der Sonne zugleich aufgeht, und der kosmische Untergang eines Sternes, (*Occasus cosmicus*, Coucher cosmique) ist, wenn der Stern untergeht, indem die Sonne aufgeht. Um den Zeitpunct des kosmischen Aufgangs zu bestimmen, muſs man also den Punct der Ekliptik berechnen, der an einem gegebenen Orte mit dem Sterne zugleich aufgeht; und um den kosmischen Untergang zu finden, muſs man den Punct der Ekliptik berechnen, der aufgeht, wenn der Stern untergeht. Die Tage, an welchen die Sonne diese Puncte erreicht, sind die Tage des kosmischen Aufgangs und Untergangs. Für Sterne in der Ekliptik selbst liegt zwischen dem Zeitpuncte des kosmischen Aufgangs und Untergangs ein genaues halbes Jahr, weil jener bei ihrer Conjunction mit der Sonne, dieser bei der Opposition eintrifft. Für Sterne dagegen, die auſser der Ekliptik stehen, ist der Zwischenraum nicht ein halbes Jahr, sondern wenn es Sterne sind, die den nördlichen Zeichen der Ekliptik entsprechend zugleich auch eine nördliche Breite haben, so beträgt die Zeit vom kosmischen Aufgang bis zum kosmischen Untergang mehr als ein halbes Jahr, sind es Sterne, die bei einer Länge $< 180°$, zugleich südliche Breite haben, so beträgt die Zeit vom kosmischen Aufgange bis zum kosmischen Untergange weniger als ein halbes Jahr u. s. w.

3. Der akronyktische Aufgang eines Sternes (*Ortus acronycticus*, Lever acronyche) findet statt, wenn der Stern aufgeht, indem die Sonne untergeht, und der akronyktische Untergang (*Occasus acrony-*

---

1 Unter mehrern Beispielen, die Pfaff anführt, will ich nur auf das verweisen, was er l. c. S. 63. vom Ovid sagt.

cticus, Coucher acronyche), wenn der Stern mit der Sonne zugleich untergeht [1].

Wie man die Zeitpuncte dieses Aufganges und Unterganges berechnet, erhellt schon aus dem Vorigen. Für Sterne, die in der Ekliptik stehen, tritt der akronyktische Aufgang ein, wenn die Sonne ihnen genau gegenüber steht, der akronyktische Untergang, wenn sie in demselben Puncte der Ekliptik ist, wie der Stern. Für diese ist daher die Zeit des kosmischen Aufgangs genau einerlei mit der Zeit des akronyktischen Untergangs und umgekehrt. Für Sterne, die den nördlichen Zeichen der Ekliptik entsprechend, oder eine Länge $< 180^\circ$ habend, zugleich nördlich von der Ekliptik sind, tritt der akronyktische Aufgang *schon* ein, wenn die Sonne noch nicht zur Opposition mit dem Sterne gelangt ist, und der akronyktische Untergang, wenn die Conjunction der Sonne mit ihm schon vorbei ist; dieser Zeitraum zwischen dem akronyktischen Aufgange und Untergange ist also gröfser als ein halbes Jahr.

Der kosmische Aufgang trifft bei den in der Ekliptik selbst stehenden Sternen genau mit dem akronyktischen Untergange zusammen. Für Sterne aufser der Ekliptik, und zwar von ihr nördlich stehend tritt der kosmische Aufgang früher ein, als bei den unter gleicher Länge der Ekliptik nahe stehenden, der akronyktische Untergang dagegen später, und diese Zeitpuncte sind also nicht mehr zusammenfallend. Dagegen ist der akronyktische Aufgang von dem kosmischen Aufgange allemal ein halbes Jahr entfernt.

Da die Berechnung dieser Aufgänge und Untergänge nur selten gebraucht wird, so übergehe ich sie hier und verweise auf Pfaff [2], der die Formeln dazu ausführlich mittheilt. Zur ungefähren Bestimmung reicht die Himmelskugel aus, nur mufs man dabei bedenken, dafs unsre auf die jetzige Zeit eingerichteten Himmelskugeln den Angaben der Alten nicht ganz entsprechen können, weil der Himmelspol damals eine andre Lage unter den Sternen hatte. Für die jetzige Zeit

1 Akronyktisch, bei Anfang der Nacht (ἀκρόνυχος) von ἄκρος, das äufserste, und νύξ, Nacht.

2 Pfaff de ort. et occ. p. 10.

findet man, nachdem die Kugel auf die Polhöhe des Ortes, für welchen man die Bestimmung machen will, gestellt ist, 1. den kosmischen Aufgang, wenn man den Stern in den östlichen Horizont bringt, und den zugleich mit ihm aufgehenden Punct der Ekliptik aufsucht; 2. den akronyktischen Aufgang, wenn man den bei eben der Stellung der Kugel untergehenden Punct aufsucht, der bekanntlich um 180 Grade von dem vorigen entfernt ist; 3. den kosmischen Untergang, wenn man den Stern in den Abend-Horizont bringt und den mit ihm zugleich aufgehenden Punct bemerkt; 4. den akronyktischen Untergang, wenn man bei eben der Stellung der Kugel den zugleich mit ihm untergehenden Punct der Ekliptik auffindet. Um 5. den heliakischen Aufgang zu erhalten, muſs man mit Hülfe eines angelegten Höhenkreises den Punct der Ekliptik aufsuchen, der bei Aufgang des Sternes so tief unter dem Horizonte ist, als man nach der verschiedenen Helligkeit der Sterne die Sonne glaubt unter dem Horizonte annehmen zu müssen, wenn diese Sterne sich zeigen sollen. Eben das läſst sich 6. leicht auf den heliakischen Untergang anwenden. — Hat man so die Puncte gefunden, wo die Sonne stehen muſs, so findet man dadurch leicht auch die entsprechenden Jahrestage.

Für Leipzig findet man so ungefähr als Bestimmung der Auf- und Untergänge des Sirius den kosmischen Aufgang am 8. Aug., den heliakischen Aufgang am 23. Aug., den kosmischen Untergang am 17. November, den akronyktischen Aufgang am 8. Februar, den heliakischen Untergang am 27. April, den akronyktischen Untergang am 17. Mai [1].

Was sich hieraus in Beziehung auf die Erklärung der alten Schriftsteller ergiebt, haben Pfaff (der auch die frühern Schriftsteller anführt,) Mollweide, Ideler u. a. gezeigt [2].

B.

---

1 Angaben der Art findet man auch in Scheibels Unterricht vom Gebrauch d. künstl. Himmels und Erdkugel. Breslau 1785. S. 194. 201.

2 Pfaff de ort. et occas. siderum. Mollweide, commentationes mathematico-philologicae, und ferner v. Zach Mon. Corr. V. 416. und XXVIII. 527; und Lindenau's und Bohnenbergers astronom. Zeitschr. I. 118.

Auflösung.

Lösung; *Solutio*, *Dissolutio*; solution, dissolution; *solution*. Hierunter versteht man sowohl den Act einer chemischen Verbindung, als auch das durch denselben hervorgebrachte Product. Das Wort: Auflösung wird bald in einem engern, bald in einem weitern Sinne gebraucht. Im weitesten Sinne kann man eine jede chemische Verbindung zweier oder mehrerer Stoffe als eine Auflösung betrachten; im engsten versteht man hierunter die Verbindung einer tropfbar flüssigen Materie mit einer festen, wenn die neue Verbindung ebenfalls eine tropfbar flüssige Gestalt besitzt, z. B. Auflösung des Zuckers im Wasser. Gewöhnlich bezeichnet man mit dem Worte Auflösung alle die Fälle chemischer Verbindungen, wobei der eine Körper tropfbar flüssig, der andere fest ist. Ist der erstere schon bei gewöhnlicher oder nicht sehr viel höherer Temperatur flüssig, so heifst der Verbindungsact eine *Auflösung auf nassem Wege;* mufs er erst durch eine beträchtliche Hitze flüssig gemacht werden, so heifst dieses eine *Auflösung auf trockenem Wege;* eine Unterscheidung, die nicht scharf seyn kann. Auch wird bei dieser Verbindung der flüssige Körper: das *Auflösungsmittel;* menstruum; dissolvens, genannt, und der feste Körper: der *aufzulösende oder aufgelöste Körper*, corpus solvendum seu solutum, ob wir gleich hierbei uns beide Materien als gleich wirksam vorzustellen haben. Der Vorschlag Lavoisier's und Anderer unter *Lösung*, solution, eine losere chemische Verbindung zu verstehen, unter *Auflösung*, dissolution, eine innigere, hat mit Recht keinen Eingang gefunden [1]. *G.*

Aufsteigung,

gerade; **Rectascension**; *Ascensio recta;* Ascension droite; *Right Ascension*. Wenn man durch irgend einen Punct des Himmels einen durch beide Pole des Aequators gehenden gröfsten Kreis legt, so ist der zwischen diesem Kreise und dem Frühlings-Nachtgleichepuncte abgeschnittene Bogen auf dem Aequator *die gerade Aufsteigung* jenes Punctes.

---

1 Vergl. *Verwandtschaft*.

Wenn man sich auf dem Aequator der Erde befindet, so geht jener ganze, durch beide Pole gehende Kreis in demselben Augenblicke auf, und daher rührt der Name, weil dort derjenige Punct des Himmels-Aequators, der die Rectascension des Sternes begrenzt, mit diesem *zugleich* aufgeht (daher συναναστολή gleichzeitiger Aufgang); dieser Punct heifst aber der zugleich *gerade*, nämlich rechtwinklicht gegen den Horizont aufgehende, weil unter dem Aequator *alle* Sterne *gerade*, d. i. senkrecht gegen den Horizont *aufsteigen*. Die gerade Aufsteigung wird vom Puncte der Frühlings-Nachtgleiche an bis zu 360 Graden fortgezählt, und zwar von Abend gegen Morgen, so *dafs* die später durch den Meridian gehenden Gestirne eine gröfsere Rectascension haben.

Durch die gerade Aufsteigung und Abweichung wird die Lage eines Sternes oder eines Punctes am Himmel vollkommen bestimmt. Alle Sterne, die auf demselben, durch beide Weltpole gelegten, Halbkreise liegen, haben *gleiche* Rectascension, und eine verschiedene Abweichung.

Rectascension der Mitte des Himmels oder des Zeniths ist der zwischen dem Puncte der Frühlings-Nachtgleiche und dem südlichen Meridian abgeschnittene Bogen des Aequators, und zwar dieser Abstand von Westen nach Osten gezählt. — Daher ist des Zeniths Rectascension = 359°, wenn der Frühlings-Nachtgleichen-Punct nur noch 1 Grad östlich vom Meridian entfernt ist, indem dann der Punct, dessen gerade Aufsteigung 359° ist, im Meridian steht. Wenn man an einem vollkommen genau aufgestellten Mittagsfernrohr die Zeit beobachtet, wann ein Stern a und ein zweiter Stern b durch den Meridian gehen, so giebt dieser Zeit-Unterschied den *Unterschied der Rectascensionen* beider Sterne. Da nämlich in 1 Stunde Sternzeit 15 Grade des Aequators durch den Meridian gehen, so erhält man den Unterschied der Rectascensionen, wenn man auf jede Stunde Zeit-Unterschied 15 Grade, auf jede Minute Zeit-Unterschied 15 Minuten, auf jede Secunde Zeit-Unterschied 15 Secunden Unterschied der Rectascension rechnet; die Zeit mufs aber dann in Sternzeit angegeben werden. Dieser *Unterschied* ist also, die Sterne mögen gleiche oder ungleiche Abweichung haben, leicht, und bei

vollkommen richtiger Aufstellung des Instruments genau zu bestimmen; schwerer dagegen ist die Bestimmung des *wahren Werthes* der geraden Aufsteigung, da es schwierig ist, den Nachtgleichenpunct am Himmel genau anzugeben[1]. Kennt man aber erst die genaue Rectascension einiger Sterne, die in dieser Hinsicht Fundamentalsterne[2] heifsen können, so erhält man die ger. Aufst. aller übrigen leicht; jedoch bringt ein Beobachtungsfehler von 1 Sec. Zeit eine Unrichtigkeit von 15 Sec. in die gerade Aufst., weshalb das Instrument auf das sorgfältigste berichtiget, auch der Gang der Uhr, ob sie nämlich genaue 24 Stunden zwischen zwei nächsten Durchgängen desselben Sterns durch den Meridian giebt, bekannt seyn mufs.

Da unsre Fixsternverzeichnisse die gerade Aufsteigung sehr vieler Sterne mit zureichender Genauigkeit angeben, so kann, mit Hülfe eines genau aufgestellten Mittagsfernrohrs jeder dieser Sterne dienen, um zu jeder Stunde der Nacht und selbst des Tages, (da gute Instrumente eine hinreichende Zahl von Sternen auch am Tage zeigen) die wahre Rectascension der Mitte des Himmels zu bestimmen. Man findet aber diese auch für einen gegebenen Augenblick, ohne gerade einen Stern im Meridian zu sehen, mit Hülfe einer guten Uhr, wenn man mehrere Stunden vor oder nach jenem Zeitpuncte einen oder mehrere Sterne beobachtet, um zu wissen, welche Zeitangabe der Uhr mit der genau bekannten Rectascension dieser Sterne zusammentrifft; alsdann hat man nämlich, wofern der Gang der Uhr nicht fehlerhaft ist, nur nöthig, den Zeit-Unterschied in Grade des Aequators zu verwandeln, oder zu überlegen, dafs die Rectascension der Mitte des Himmels in jeder Zeitsecunde um 15 Sec. zunimmt.

Auf eben diese Weise findet man die gerade Aufsteigung der Sonne, des Mondes oder eines Planeten vermittelst der Zeit, welche zwischen dem Durchgange dieses Gestirnes und

---

1 S. *Nachtgleichenpuncte*.

2 Die genau bestimmten Rectascensionen solcher Fundamentalsterne findet man in Bessels fundamentis astronomiae; ferner in Bode's astron. Jahrbuch für 1821. S. 208. Bessels Beobachtungen. I. Abth. S. XXV. und V. Abth. S. XI. folg.

dem Durchgange eines nach seiner Rectascension bekannten Sternes verfliefst. Ja es bedarf dazu nicht einmal einer Meridianbeobachtung, sondern wenn ein Fernrohr so aufgestellt ist, dafs der Mittelfaden senkrecht gegen den Aequator oder zusammenfallend mit einem Abweichungskreise, ist, so ist die Zeit zwischen dem Durchgange zweier Sterne durch den Faden bei unverrückter Aufstellung des Instruments eben so zu Bestimmung des Unterschiedes der Rectascensionen zu gebrauchen. Die gerade Aufsteigung der Sonne kann, da die Schiefe der Ekliptik genau bekannt ist, durch eine Beobachtung ihrer Abweichung gefunden werden. Es ist nämlich $\text{Sin. Rectasc.} = \frac{\text{Tang. Abweich.}}{\text{Tang. Schiefe der Eklipt.}}$. Auch aus der Höhe und dem Azimuth eines Gestirnes kann man, wenn die Polhöhe des Ortes und die gerade Aufsteigung der Mitte des Himmels bekannt ist, die gerade Aufsteigung des Gestirnes finden, wenn man den Stundenwinkel aus jenen gegebenen Stücken berechnet.

Das Bisherige betraf die Bestimmung der geraden Aufsteigung durch Beobachtung; aber oft ist für ein Gestirn die Länge und Breite bekannt, und man verlangt daraus die gerade Aufsteigung zu finden. Dazu dienen folgende Formeln. Es sey AQ der Aequator EC die Ekliptik, S ein Stern, dessen Länge OT $= \lambda$, Breite TS $= \beta$ gegeben sind, die Schiefe der Ekliptik EOA sey $= e$. Dann ist Tang. SOT $= \frac{\text{Tang. } \beta}{\text{Sin. } \lambda} = \text{Tang. } w$, und $\text{Tang. } \alpha = \text{Tang. } \lambda . \frac{\text{Cos. } (w+e)}{\text{Cos. } w}$. Für ein in der Ekliptik selbst stehendes Gestirn, also für die Sonne allemal, ist $\beta = 0$, $w = 0$, $\text{Tang. } \alpha = \text{Tang. } \lambda . \text{Cos. } e$. Tang. gerad. Aufst. = Tang. Länge. Cos. Schief. d. Ekl. Auf die letzte Formel gründet sich die Bestimmung dessen, was man *Reduction der Ekliptik auf den Aequator* nennt, nämlich $\lambda - \alpha$, oder Unterschied der Länge und der geraden Aufsteigung für einen Punct der Ekliptik. Tafeln für diese Reduction findet man in den Sonnentafeln z. B. in DE ZACH tabulae motuum solis, in der Tafel XXI. Wenn in der Länge u. Breite kleine Aenderungen statt finden, oder Correctionen wegen Aberration u. s. w. nöthig sind, so erhält auch die gerade Aufsteigung eine kleine Correction. Eben das findet statt, wenn die

Fig. 13.

Schiefe der Ekliptik sich um etwas ändert. Nenne ich nun $d\lambda$, $d\beta$, de die gegebenen Aenderungen in Länge, Breite und in der Schiefe der Ekliptik, so ergeben sich für die Aenderungen der Rectascens. $= d\alpha$ folgende Betrachtungen.

1. Es ändre sich zuerst blofs die Breite, so dafs der Stern von S nach t versetzt wird, und $St = d\beta$ ist; dann ist, wenn Ss den Bogen eines Parallelkreises zum Aequator vorstellt, $Ss = d\beta. \text{Cos. } tSs = d\beta. \text{Sin. } TSU$ und $Uu = d\alpha = \frac{-d\beta. \text{Sin. } TSU}{\text{Cos. } \delta}$, wo δ als schon berechnet und $TSU = PS\Pi$ (wo Π der Pol der Ekliptik, P der Pol des Aequators) als bekannt anzusehen ist.
2. Es ändere sich blofs die Länge, so dafs der Stern S' mit der Ekliptik parallel nach s' rücke, und $T't' = d\lambda$, $S's' = d\lambda. \text{Cos. } \beta$, und $S'S'' = d\lambda. \text{Cos. } \beta. \text{Cos. } T'S'U'$ also $U'u' = d\alpha = \frac{d\lambda. \text{Cos. } \beta}{\text{Cos. } \delta} \text{Cos. } T'S'U'$ ist.

Fig. 14. 3. Endlich ändere sich die Schiefe der Ekliptik, indem der Aequator AOQ die Lage aOq annimmt; dann geht die Rectascension aus $OU = \alpha$ in $OV = \alpha + d\alpha$ über. Es ist aber $d\alpha = -Vv = -vSV. \text{Sin. } \delta = -de. \frac{\text{Cos } \alpha. \text{ Sin. d}}{\text{Cos. } \delta}$ weil $\text{Cos. } UWS = \text{Cos. } \delta. \text{ Sin. } USV = \text{Cos. } \alpha. \text{ Sin. } UOV$ ist. Aendern sich λ, β und e alle zugleich, so ist $d\alpha$ gleich der Summe der oben angeführten drei Formeln.

Wenn man die gerade Aufsteigung aus beobachteter Höhe und Azimuth berechnen sollte, so könnte man zuerst die Abweichung und aus dieser und den gegebnen Stücken den Stundenwinkel berechnen, welcher angiebt, um wieviel die gerade Aufsteigung des Gestirnes von der geraden Aufsteigung des Zeniths verschieden ist.

Wie man die Lage eines Gestirnes durch Abstände von zwei bekannten Sternen bestimmt, zeigt Littrow[1]. *B.*

Aufsteigung,

schiefe; *Ascensio obliqua;* Ascension oblique; *Oblique Ascension;* ist der Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Puncte der Frühlings-Nachtgleiche und dem

---

1 Littrow theor. u. pract. Astr. I. 226.

mit einem Gestirne zugleich aufgehenden Puncte des Aequators enthalten ist. Unter verschiedenen Polhöhen erhält das Gestirn eine andere schiefe Aufsteigung. Der Unterschied der geraden und schiefen Aufsteigung eines Gestirnes heifst seine *Ascensionaldifferenz*[1], so dafs schiefe Aufst. = gerade Aufst. — Ascens. Diff. ist, und die schiefe Aufsteigung bei nördl. Sternen auf der nördl. Halbkugel der Erde kleiner als die gerade Aufsteigung. *B.*

Auge.

Oculus; Oeil; *Eye*; ist in der eigentlichen, hier allein in Betrachtung kommenden Bedeutung dasjenige Organ, vermittelst dessen die lebenden Wesen sehen. Eine ganz ins Einzelne gehende Beschreibung des menschlichen Auges und der zahlreichen Abänderungen desselben bei den verschiedenen Thierclassen gehört der Anatomie an, und würde hier am unrechten Orte seyn. Es möge daher genügen, die einzelnen Theile desselben in so weit deutlich zu beschreiben, als dieses zur Erklärung des Sehens erforderlich ist[2]. Zur Versinnlichung dienen die aus den beiden ersten angezeigten Werken entlehnten Linearzeichnungen wovon erstere den horizontalen Durchschnitt beider Augen eines weiblichen Kopfes, letztere den lothrechten des linken Auges eines Mannes in natürlicher Gröfse darstellt[3]. Fig. 94. u. Fig. 95.

---

1 S. *Ascensionaldifferenz*.

2 Ausführlich ist: S. T. Soemmering Abbildungen des menschliches Auges. Fr. a. M. 1801. fol. De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio, quam .... exhibuit D. W. Soemmering Gott. 1818. fol. Aeltere wichtige Werke sind: J. G. Zinn descriptio anatomica oculi humani. Gott. 1753. 4. ed. Wrisberg. ib. 1780. Horrebow de oculo humano eiusque morbis. Hafn. 1792. W. Porterfield Treatise on the eyes, the manner and phenomena of vision. Edinb. 1759. 2 Vol. 8. Alex. Monro three Treatises on the brain, the eye and the ear. Edinb. and Lond. 1797. 4. Ribes Recherches anatom. et physiolog. sur quelques parties de l'oeil. In Mém. de la Soc. médic. d'émulat. VII. 97. Lieutaud Zergliederungskunst mit Portal's Anmerk. Leipz. 1800. 2 Vol. Bd. II. Cap. 5. Absch. 2. Ch. H. Theod. Schreger Versuch einer vergleichenden Anatomie des Auges. Leipz. 1810. 8. J. A. Hegar de oculi partibus quibusdam. Gott. 1818. 8. cum tab. aen.

3 Zur Abkürzung sind die Theile in der einen Figur mit Buchstaben, in der andern mit Zahlen bezeichnet, und ohne auf die Figur jederzeit hinzuweisen, zugleich genannt.

Der *Augapfel*, bulbus oculi, ein rundlicher Körper, dessen Axe sich zum Querdurchmesser beim Menschen nach Soemmering wie 1 : 0,95 verhält, liegt in der konischen, aus Knochen gebildeten Augenhöhle, orbita, s. s. 19. 19, in reichlichem, mit Fett durchwachsenen Zellgewebe. Wird das Fett durch krankhaften Zustand absorbirt, so sinkt der Augapfel tiefer ein, und giebt das hohläugige Ansehen. In der Augenhöhle sieht man die den Nerven begleitende arteria ophthalmica, 16. u, welche aus der innern Carotide, 21. kommt, aus welcher gleichfalls die Ciliararterien, 22. 22. 22. stammen. Auf der andern Seite des Muskels dagegen liegt die Augenvene, vena ophthalmica. 15. Von Aufsen ist der Augapfel bedeckt durch die Augenlieder, welche mehr oder minder durchscheinend sind, und durch den gemeinschaftlichen Kreismuskel, das obere für sich aber noch durch einen eigenen Muskel, den Aufheber 9. bewegt werden. An den Rändern der Augenlieder liegen die Meibomischen Drüsen, aus denen eine talgartige Feuchtigkeit abgesondert wird, welche die Ränder stets geschmeidig erhält. Beim Mangel dieser Absonderung werden sie trocken, empfindlich und roth, sind auch zuweilen entzündet und erzeugen Geschwüre, die sogenannten Gerstenkörner.

Aufserdem gehört zu den Nebentheilen des Auges die *Thränendrüse*, glandula lacrymalis, worin die Thränen bereitet werden, eine wässerige, fade, wenig salzige Feuchtigkeit, von etwas gröfserem spec. Gew. als dem des Wassers. In einem offenen Gefäfse der freien Luft ausgesetzt verändert sich die Thränenfeuchtigkeit in einen gelblichen Schleim, welcher dem Nasenschleime gleicht. Auf gleiche Weise werden sie im Thränensacke verändert, wenn sie aus demselben nicht abfliefsen können[1]. Die in der Thränendrüse bereiteten Thränen nämlich fliefsen durch feine Abführungsgänge unter dem oberen Augenliede herab, sammeln sich im Thränensee, werden durch die Thränenpuncte aufgesogen, und durch die Thränengänge, ductus lacrymales, in den Thränensack gebracht, aus dem sie durch den Thränencanal, canalis lacrymalis, in den unteren Na-

1 Berzelius Djurkemi. II. 219.

sengang gelangen. Alle heftige Affecte reizen, insbesondere Kinder und Personen weiblichen Geschlechts, zu übergroßer Absonderung der Thränen, wodurch der Thränensee überfüllt wird, so daſs sie über die Wangen und durch die Nase abflieſsen[1].

Am Rande des Augenliedes beginnt die zarte und sehr reizbare, nach Innen geschlagene Bindehaut, tunica conjunctiva, adnata, welche viele feine, nur Blutwasser, im Zustande der Reizung oder Entzündung aber auch Blutkügelchen aufnehmende Gefäſse hat, und mittelst der Thränendrüse und dem Thränensacke mit der Schleimhaut der Nase in Verbindung steht. Durch anhaltende Entzündungen entstehen in ihr Bläschen, und allmählig Verdickungen, welche bis zu einem dicken und undurchsichtigen Ueberzuge zunehmen können[2]. Sie dient zugleich als Absonderungsorgan, indem durch sie der Augapfel und das innere Augenlied stets feucht erhalten wird.

Der Augapfel ist durch sechs *Muskeln* beweglich, deren vier gerade n. n. 13. 13, und zwei schräg laufen[3]. Alle entspringen aus den Knochen der Augenhöhle, und sind mit ihren Sehnen in der weiſsen Haut, bis auf die Hornhaut hin, befestigt. Indem sie einander entgegengesetzt sind, so zieht bei Bewegungen der eine sich zusammen, wenn der andere sich ausdehnt; ihre gemeinschaftliche Anspannung aber verursacht, daſs der Augapfel etwas hervortritt, z. B. wenn man Gegenstände scharf fixirt. Dicht über dem oberen geraden liegt der früher erwähnte, das obere Augenlied aufhebende Muskel q, der Augenliedheber M, levator palpebrae superioris. Bisweilen fehlt einer der geraden Muskeln bei Schielenden, wie Wrisberg[4] beobachtete. Die beiden schrägen Muskeln, der obere und untere, welche seitwärts

---

1 Nach Weller: Diätetik für gesunde und schwache Augen p. 27. wird auch durch die Hornhaut Thränenfeuchtigkeit ausgeschwitzt.

2 Beer Lehre von den Augenkrankheiten. Wien 1813. I. 622.

3 Von den letzteren ist die Sehne des oberen bei r, das Fleisch des unteren bei t sichtbar; durchschnitten sieht man den ersteren in 14.

4 Gött. Anz. 1781. 683.

über und unter dem Auge herumgeschlagen sind, dienen vorzüglich zur drehenden Bewegung desselben[1].

Die einzelnen Theile, welche man beim Auge unterscheidet, sind

1. Die *harte*, äufsere oder *weifse Haut*, tunica sclerotica, (von σκληρός hart) alba, cornea opaca, cornée opaque d. d; 1. 1; bildet die eigentliche Form des Auges, schliefst die übrigen Theile desselben ein, dient zur Insertion der Augenmuskeln, und besteht aus dicht verbundenen sehnigen Fasern oder Lamellen, in welche sie auch zerlegt werden kann, ohne eigentlich blätterig zu seyn. An der Hornhaut ist sie etwas dicker, wird dann dünner und in der Gegend des Sehnerven wieder dicker, woselbst sie überhaupt am dicksten ist. Ueber ihre innere Seite ist ein zartes, schwarzbräunlich gefarbtes, Zellgewebe verbreitet, lamina fusca, welches die Gefäfshaut befestigt; ihre äufsere aber ist von einem zarten Zellgewebe bedeckt, welches unter der conjunctiva liegt. Sie wird von vielen Arterien, Venen und Nerven durchbohrt, hat aber selbst nur kleine, zur Ernährung bestimmte Blutgefäfse, aber keine Nerven, und ist daher im gesunden Zustande unempfindlich, auch nicht vollkommen undurchsichtig[2].

2. Die *Hornhaut*, T. cornea, cornea pellucida, cornée transparente, bildet den vordern, etwas erhabenen, sphäroidisch gekrümmten Theil der weifsen Haut[3], welche nach einigen Anatomen eine Fortsetzung der weifsen Haut, nach andern aber blofs unmittelbar mit ihr verbunden ist. 2. f. Man unterscheidet an ihr den mit der weifsen Haut verbundenen, meistens von dieser etwas überdeckten Rand, die vordere, von der zarten und durchsichtigen Bindehaut oben und unten überzogene, und die hintere ausgehöhlte, mit einer besonderen Haut bekleidete Fläche. Die bei einzelnen Subjecten verschiedene Convexität ist der Menge der eingeschlossenen wässerigen Feuchtigkeit

1 Ev. Home in Phil. Trans. 1795. Bibl. Brit. IV. 136. Ueber die eigenthümliche Thätigkeit und Bestimmung dieser Muskeln S. Bell in Phil. Tr. 1823. II. 166. 289.

2 Himly Ophthalmolog. Biblioth. I. 2. 212.

3 Petit in Mém. de l'Ac. 1726. Demours Hist. de l'Acad. 1741. 60.

proportional, und nimmt mit zunehmendem Alter ab. Im gesunden normalen Zustande ist sie ohne Blutgefäſse, wenig oder gar nicht sensibel, völlig durchsichtig und farbenlos; wird aber mit zunehmendem Alter vom Rande aus trüber, arcus oder annulus senilis, weiſslicher und undurchsichtiger, ist elastisch und sehr hart, so daſs sie bei Staaroperationen zuweilen das Messer biegt, besteht aus mehreren aufeinander liegenden, durch wenig wasserhelle Flüssigkeit getrennten Lamellen, deren äuſsere mit den Sehnenfasern der geraden Muskeln in Verbindung steht, verknöchert zuweilen im Alter und wird im Zustande der Entzündung durch Coagulirung der enthaltenen Flüssigkeit in *einzelnen* Fällen theilweise weiſslich und undurchsichtig. Die feinen, aus der Sklerotica sich fortsetzenden Gefäſse enthalten bloſs Serum, füllen sich aber bei Entzündungen mit Blut[1], und dienen zur Ernährung der cornea, so wie auch zur Absorbirung der in ihr verdickten Substanzen.

3. Die *braune Haut*, *Gefäſshaut*, *Aderhaut*, T. choroidea (auch chorioidea) vasculosa; choroide, liegt innerhalb des ganzen Umfanges der weiſsen Haut, hängt mittelst eines bräunlichen Zellgewebes, lamina fusca, an der innern Fläche der weiſsen Haut, und wird von den, durch die letztere durchgehenden Gefäſse und Nerven ausgespannt erhalten. Hinten hängt sie mit der innern Hülle des Sehnerven durch Zellgewebe zusammen. Sie besteht aus einem dichten Netze zarter Arterien und Venen, die durch Zellgewebe zu einer Haut verbunden sind[2]. Vorzüglich erscheint daher die innere Seite, und am auffallendsten am Strahlenkranze, aus kleinen sammetartigen Flocken zusammengewebt. Ruysch will gefunden haben, daſs sie aus zwei Lamellen bestehn und man nannte daher die innere nach ihm T. Ruyschiana [3], allein es ist dieses bloſs ein aus den zahlreichen in einander ver-

---

1 J. G. Walter de venis oculi. p. 18.

2 Zinn de vasis subtilioribus oculi et cochlea auris internae. Gott. 1753.

3 Döllinger Nov. act. Nat. Cur. IX. Arth. Jacob in Phil. Tr. 1819. p. 300.

flochtenen Arterien- und Venen-Zweigen der Choroidea bestehendes Gefäſsnetz, welches gleichsam eine besondere feinere Schicht auf der inneren Gefäſshaut bildet, aber nicht wirklich getrennt werden kann, oder nur ein Niederschlag des schwarzen, durch Maceration abgesonderten Pigments [1].

Die innere Seite der Aderhaut ist mit einer schwarzen, schleimartigen Substanz, *pigmentum nigrum*, überzogen, welche sich leicht mit dem Finger oder einem Pinsel wegwischen läſst, als ein Absonderungsproduct der Gefäſshaut zu betrachten ist, und aus Kohle mit etwas Eisen besteht [2]. Sie dient dazu, die durch die Seitenwände entstehende Reflection des Lichtes zu hindern, fehlt aber bei den sogenannten Kakerlaken oder Albino's [3], ist bei den Mohren schwärzer als bei den Europäern, und wird im hohen Alter ins Bräunliche gebleicht. Es ist dieses ein wesentlicher Bestandtheil des Auges, welcher nicht bloſs von der Choroidea abgesondert wird, sondern auch von den Ciliarfortsätzen und der Traubenhaut; auch rührt die braune Farbe der innern Seite der Sklerotica gleichfalls von derselben her [4]. Schon im Embryo findet sich dieses Pigment, fehlt aber für immer, wenn in jener frühesten Lebensperiode die Absonderung gehindert wurde. Im Fall eines gänzlichen Mangels derselben ist die Pupille dunkelroth, die Iris blaſsroth, bei wenigem Pigment ist jene roth, diese violett, bei groſser Menge derselben, wie z. B. bei den Bewohnern südlicher Gegenden ist die Iris schwarz. In frühester Kindheit ist die Absonderung des Pigments reichlicher, und da die Sklerotica dann zuweilen vorn durchscheinend ist, so erhält sie hierdurch die bei Kindern vorzüglich merkliche schöne bläuliche Farbe. Bei einigen Säugethieren findet man auf dem Grunde der innern Fläche der Aderhaut eine lebhafter gefärbte und etwas metallisch glänzende Stelle, das *Tapetum choroideae*. Ein

1 Rudolphi Physiol. II. 174.

2 Elsaesser de pigmento oculi nigro. Tub. 1799. 8. Dissert. inaug. chemico-physiol. sistens indagationem chemicam pigmenti nigri oculorum cet. auct. L. Gmelin. Gott. 1812. 8. Schweigg. J. X. 507.

3 Blumenbach de oculis Leucaethiop. et motu iridis. Gott. 1786. 4.

4 Gmelin a. a. O.

ähnliches Plättchen soll sich auch im menschlichen Auge hinten an der Aderhaut, da wo sie das Loch für den Eintritt des Sehnerven umgiebt, durch das Mikroskop entdecken lassen. Bei den Nachtraubthieren ist das Tapetum weifslich, wahrscheinlich um den Lichteindruck zu verstärken.

Nach vorn geht die Choroidea nur bis zur Verbindung der Hornhaut mit der weifsen Haut, und ist hier durch zartes aber dichtes Zellgewebe, welches einen weifslichen dikken, ohngefähr eine Linie breiten Ring (orbiculus ciliaris, circulus ciliaris, plexus ciliaris Lieutaudii, ligamentum ciliare), das *Strahlenband* bildet, befestigt. Aus diesem entstehen die nach vorn sich erstreckenden 70 bis 90 *strahlenförmigen Fortsätze* (processus ciliares, plicae corp. cil., fibrae pallidae) welche zusammen den *Strahlenkörper, Strahlenkranz, Faltenkranz* (corpus ciliare, corona cil., tunica ciliaris, 9. 9; k. k) bilden[1], dessen Bestimmung wahrscheinlich ist, den Glaskörper, und dadurch mittelbar die Kapsel der Linse mit derselben zu befestigen, denn sonst würde diese sich frei in der Höhle des Augapfels bewegen. Zwischen dem Ciliarkörper und der weifsen Haut fand Fontana im Auge des Ochsen einen Canal (canalis ciliaris Fontanae) welcher aber nach Sömmering[2] im menschlichen Auge gar nicht vorhanden ist, sondern nur durch Zerreissung von Gefäfsen entsteht. Nach D. G. Kieser[3] befindet er sich nur in den gröfseren Thieraugen, z. B. der Ochsen und Pferde, und in den Augen der Vögel. Die processus ciliares bestehen blofs aus Gefäfsen, welche aus der Gefäfshaut kommen.

4. Die *Regenbogenhaut* (von ihrer Farbe so genannt), *Iris*, *Augenstern*, *Blendung*, g. g, deren hintere mit einem gleichen schwarzen Pigmente als die Aderhaut überzogene, braunschwarz gefärbte und glatte Seite auch *Traubenhaut*, uvea heifst, ist eine für sich bestehende runde und ebene Haut[4], mit einer kreisrunden Oeffnung, der sogenannten *Sehe* (pupilla, pupille, prunelle). Sie liegt zwischen der Hornhaut und der Krystalllinse, letz-

---

1 J. G. Zinn de ligamentis seu processibus cil. Gott. 1753. 4.

2 De ocul. sect. p. 34. Rudolphi Phys. II. 173. 196.

3 Diss. de anamorphosi oculi. Gott. 1804. p. 68.

4 Petit Mém: de l'Ac. 1723. p. 38. 1727. p. 206.

terer näher als der ersteren. Ihr äufserer Rand, beträchtlich dicker als der die Pupille begrenzende, ist in eine Furche des Ciliarkörpers eingefalzt, und durch Zellgewebe und Gefäfse damit verbunden, läfst sich aber von derselben durch blofses Anziehen, ohne zu zerreifsen, trennen. Sie erscheint im Leben als aus Streifen bestehend, welche strahlenartig vom äufsern Rande nach der Pupille laufen, geschlängelt, wenn diese erweitert, gerade, wenn sie verengert ist. Am äufsern Rande derselben nimmt man eine etwas geschlängelte, aus mehreren zusammenhängenden Bögen gebildete kreisförmige Linie wahr, *circulus major*, von welchem aus die Strahlen nach der Pupille zu laufen, zum Theil sich gabelförmig theilen, mit den benachbarten zu kleinen Bögen verbinden, aus denen der *circulus minor* entsteht, und dann wird der Theil zwischen diesen beiden der gröfsere Ring, *annulus major*, der zwischen dem kleineren Kreise und der Pupille der kleinere Ring, *annulus minor* genannt.

Die Iris besteht vorzüglich aus Blutgefäfsen und Nerven, durch zartes Zellgewebe verbunden. Ihre *Arterien* sind die Fortsetzungen der langen Ciliararterien der Augenschlagader u. 16, und erscheinen schlangenförmig strahlig [1], wahrscheinlich aber besitzt sie auch Saugadern, durch welche die wässerige Feuchtigkeit wieder aufgesogen werden kann. Ihre zahlreichen Nerven entspringen aus einem besondern Nervenknoten, dem Augennervenknoten.

Ob aufser den Gefäfsen und Nerven in der Iris noch besondere Fasern existiren, welche für *Muskelfasern* zu halten wären, darüber ist viel und lange unter den Anatomen gestritten. Unter mehreren andern sind sie in den Augen verschiedener Thiere gesucht und auch wirklich als kreisförmige, nur nicht als strahlenförmige Fasern aufgefunden durch F. Tiedemann und Muck [2]; nach Maunoir [3] dagegen

---

1 Sömmerring Abbild. p. 83. Tab. 6. Fig. 1.

2 Ferd. Muck diss. de Ganglio ophthalmico nervisque cil. anim. Landsh. 1815. 4.

3 Mém. sur l'organisation de l'Iris cet. Par. et Genève 1812. Vergl. Bibl. Brit. XLVIII. 218. 399. Treviranus verm. Schr. III. 166. welcher sie in der Iris der Vögel fand.

sollen sie aus ringförmigen und strahlenförmigen Fasern bestehen. Für das Daseyn der Nerven in der Iris spricht sehr die Reizbarkeit derselben, indem sie sich bewegt, wenn man an frisch getödteten Thieren die Drähte einer Volta'schen Säule mit ihr in Berührung bringt, oder wenn sie mechanisch gereizt wird. Haller [1] beobachtete sogar, daſs die sehr erweiterte Pupille einer ersäuften Katze durch den Einfluſs der Ofenwärme sich beträchtlich wieder zusammenzog; Rudolphi [2] aber behauptet sie nie gefunden zu haben. Nach Ev. Home [3] ist die Iris in zwei Schichten theilbar, wovon die hintere muskulös seyn soll, indem die Muskeln gegen die Pupille strahlen, wo sich ein regelmäſsiger Schluſsmuskel befindet, die vordere aber häutig, aus einem Netze von Gefäſsen bestehend. Die vielen andern Meinungen über den Bau und die Bestandtheile der Iris können hier nicht erwähnt werden.

Die *Farbe der Iris* ist verschieden, im Allgemeinen bei den nördlicher wohnenden Völkern heller bei hellerer Farbe der Haare und weiſserer Haut, bei den südlichern dunkler, in der Jugend dunkler als in späteren Jahren und in einigen Fällen bei beiden Augen verschieden. Das färbende Pigment wird aus den Gefäſsen der Iris abgesondert, fehlt bei den Kakerlaken, verändert sich mit zunehmenden Jahren mit der Farbe der Haare [4], und auch in Krankheiten. Die röthliche, halbdurchsichtige Iris der Kakerlaken ist sehr reizbar, weswegen diese das Licht fliehen.

Mit der Iris in unmittelbarer Verbindung steht das *ganglion ophthalmicum* und die *nervi ciliares*. Dieses, auch *ganglion ciliare*, *lenticulare*, *Ciliarknoten*, *Augenknoten*, *linsenförmiger Knoten* genannt, liegt beim Menschen an der äuſsern Seite der Sehnerven dicht unter der Augenarterie, wo sie sich über den Sehnerven beugt, bedeckt von dem äussern geraden Augenmuskel. Es ist von röthlich grauer

---

1 Elementa Physiologiae corp. hum. 8. Vol. Laus. 1757. Bern 1766. 4. V. 378.

2 Physiol. II. 197.

3 Phil. Trans. 1822. I. 78.

4 J. C. Sybel diss. de quibusdam formae et mat. oculi aberrationibus e statu nat. Halae 1799.

Farbe, und hat die Gestalt eines etwas verschobenen Vierecks mit abgerundeten Ecken, ist aber zuweilen auch linsenförmig oder halbmondförmig. Der Ciliarknoten erhält aus dem Nasenast des ersten Astes des fünften Nervenpaares einen dünnen Faden, welcher seine lange Wurzel genannt wird, die stärkere kürzere Wurzel erhält er vom dritten Nervenpaare. Bock[1] fand eine dreifache Verbindung des ganglion ophthalmicum mit dem nervus *sympathicus*, woraus sich der Einfluſs erklären läſst, welchen die, der Willkühr nicht unterworfenen, Organe auf das Sehorgan, hauptsächlich die Iris haben, indem die Bewegungen der letzteren mit Leiden des Unterleibes in Beziehung stehen. Aus dem vorderen Rande des Augenknotens treten die Ciliarnerven, gewöhnlich in zwei Bündeln, hervor, einem oberen und einem unteren, zu denen zuweilen noch ein drittes mittleres hinzukommt. Sie laufen geschlängelt als zarte dünne Fäden mit der Ciliararterie an dem Sehnerven hin, und erreichen so die weiſse Haut des Auges, durchbohren in 10, 12 oder 16 Aestchen getheilt die weiſse Haut im Umfange des Sehnerven in schräger Richtung, und laufen zwischen dieser und der Gefäſshaut gegen den Ciliarkörper. Bevor sie diesen erreichen, spaltet sich jedes in zwei Zweige, und jeder von diesen wieder in mehrere, welche dann in Begleitung kleiner Ciliargefäſse zur Iris gelangen, und dort als weiſse Fädchen sich strahlenförmig gegen den Pupillarrand der Iris verbreiten. Am innern Rande der Iris werden sie zuletzt büschelförmig. Im Allgemeinen haben diejenigen Thiere, deren Iris sehr beweglich, und für den Lichtreiz vorzüglich empfindlich ist, das gröſste Ganglion. Aus diesen, der Iris eigenen, Nerven erklärt es sich, daſs sie in mehreren Fällen bei völligem grauen und schwarzen Staare noch beweglich bleibt, übrigens aber, wie alle diejenigen Theile, deren Nerven aus dem gangliösen Systeme kommen, (z. B. das Herz) keiner willkührlichen Bewegung fähig ist, aber durch allgemeine Nervenaffectionen, als Zorn, Furcht, Schrecken u. a. be-

1 Beschreibung des fünften Nervenpaares und seiner Verb. mit andern Nerven, vorzüglich dem Gangliensysteme. Meiſsen 1817. p. 13. 67.

wegt wird. Indeſs ist die Pupille einiger Thiere nach der Entdeckung von MONRO und PORTERFIELD [1] und den Beobachtungen von FONTANA [2] u. a. [3] allerdings beweglich, wie dieses namentlich bei den Papageien, Nachteulen und andern Vögeln keinem Zweifel unterliegen soll [4]. ROOSE nimmt die willkührliche Beweglichkeit der Iris als Ausnahme bei einigen Menschen an, und will sie bei dem Dr. Kühne oft beobachtet haben [5], PURKINJE [6] aber versichert, die Fertigkeit zu besitzen, ins Leere sehend seine Pupille willkührlich verändern zu können. Indeſs bestreitet TREVIRANUS [7] nicht bloſs dieses, sondern auch die willkührliche Bewegung bei den Vögeln, indem er jene Erscheinung davon ableitet, daſs Purkinje sich Gegenstände in verschiedenen Entfernungen denke, und gleichsam fixire, wonach sich die Pupille dann einrichte, diese aber auf den Wechsel der Furcht, des Schreckens u. s. w. zurückführt [8].

Die Pupille zieht sich durch den Reiz des Lichtes zusammen, erweitert sich dagegen im Dunkeln. Beides, hauptsächlich aber das Erweitern, erfolgt beim Anfange der Amaurose, bei Apoplexieen, Krämpfen, plötzlichen Gemüthsbewegungen, krankhaften Hirnaffectionen, durch den Gebrauch des Opiums, der Belladonna [9] u. dgl. m. Ueber die Aetiologie dieser Zusammenziehung, insbesondere durch den Lichtreiz, herrschen unter den Anatomen verschiedene Meinungen, obgleich es als entschieden angesehen wird, daſs der Eindruck

1 Essays. II. 147.

2 Dei modi dell' Iride. 1765. 8.

3 Harles und Ritter Neues Journ. d. ausländ. medic. chirurg. Lit. 1806. IV. 2.

4 BLUMENBACH de oc. Leucaeth. p. 24. KIESER in Himly's ophthalm. Bibl. II. St. 3. p. 95.

5 Grundzüge d. Lehre von d. Lebenskraft, von T. G. A. Roose. 2te Aufl. Gött. 1800. 8. p. 105.

6 Beiträge zur Kenntniſs des Sehens in subjectiver Hinsicht. Prag 1819. p. 123.

7 Biologie oder Philosophie der lebenden Natur. Bd. VI. p. 473. Gött. 1822.

8 Die rein physiologische Streitfrage selbst kann hier nicht entschieden werden.

9 HIMLY Ophthalm. Beob. Bremen 1801. 8. p. 1[illegible]

des Lichtes auf die Iris selbst den Inpuls hierzu nicht giebt. Fontana nämlich liefs Lichtstrahlen durch einen papiernen Kegel auf die Iris eines Thieres fallen, und fand sie im mindesten nicht bewegt, und Lambert [1] liefs vor dem Spiegel durch ein Linsenglas das Bild der Lichtflamme auf die Iris des einen Auges fallen, wodurch sich die Pupille nicht verengerte, welches aber augenblicklich erfolgte, als das Licht die Pupille selbst traf. Weller [2] zieht die Richtigkeit des hierauf gebaueten Schlusses in Zweifel, weil die Pupille sich in Augen mit verdunkelter Linse und selbst in ganz blinden noch durch den Lichtreiz verengert. Weil diese Erscheinung aber nur ausnahmsweise statt findet, und aus der Affection anderweitiger, auf die Bewegungen der Iris wirkender Nerven zu erklären ist, so nimmt man im Allgemeinen an, dafs der Eindruck des Lichtes auf die Retina die Verengerung der Pupille bewirke, womit ihre, übrigens der Regel nach stattfindende, Unveränderlichkeit bei gänzlicher Unthätigkeit der Retina im Einklange steht.

Hinsichtlich auf die individuelle Art dieser Wirkung glaubt Hartley [3], die Nerven der Retina erstreckten sich bis an die Iris, und bewirkten ihre Veränderungen. Nach der gewöhnlichen Meinung, wozu sich auck Rudolphi [4] bekennt, wird durch den Lichtreiz auf den Sehnerv das Seelenorgan erregt, und dieses bewirkt durch die Ciliarnerven die Verengerung der Pupille so, wie man bei zu vielem Lichte die Augenlieder schliefst, oder die Hand zum Schutze erhebt. Gegen diese Ansicht entscheidet aber wohl der Umstand, dafs letztere Bewegungen, wie alle vom Seelenorgane durch Nerven und Muskeln erregte, willkührlich sind, erstere aber unwillkührlich ist, auch wäre hiernach nicht leicht begreiflich, warum bei unbedeutenden Nervenaffectionen die Iris sich so leicht verändert, ohne dafs die Menschen sich dessen bewufst sind. Die Bewegungen der Iris nach dem Tode durch die Volta'schs Elektricität können nichts für

---

1 Photometrie p. 371.
2 Diätetik für gesunde und schwache Augen. Berl. 1821. 8. p. 6.
3 Observations on Man. I. 219.
4 Physiol. II. 219.

diese Theorie beweisen; denn durch dieses Mittel werden alle Nerven gereizt und alle Muskeln bewegt. Treviranus [1] führt indeſs, in Uebereinstimmung mit Weller gegen diese Meinung an, daſs die Beweglichkeit der Iris selbst bei vollkommen ausgebildetem schwarzen Staare zuweilen noch fortdauere [2], und da man sie auch beim grauen Staare in einigen Fällen beobachtet hat, so läſst er die Verengerung der Pupille durch die, in der hinteren Augenkammer liegenden, vom schwarzen Pigmente entblöſsten, Ciliarfortsätze bewirkt werden, ohne mit Troxler [3] dem hinter der Choroidea neben dem Sehnerv liegenden Ciliarnerv ein Einfluſs einzuräumen [4].

Fast eben so verschieden sind die Meinungen über die *eigentlichen Mittel dieser Bewegungen* der Iris. Weitbrecht [5], Mery [6], Morgagni, Zinn und v. Haller [7], welche die Anwesenheit der, allerdings schwer zu findenden, Muskeln in derselben leugnen, leiten die Ausdehnung derselben aus einem Zuströmen der Säfte in ihre Gefäſse ab, welche sich dadurch verlängern sollen. Auch Fontana [8] hält den zusammengezogenen Zustand für den natürlichen, und läſst die Ausdehnung (Verengerung der Pupille) durch das Zuströmen der Säfte erfolgen. Andere Physiologen dagegen, als Rau, Ruysch, Heister, Winslow, Monro [9] Porterfield und Home [10] lassen die Bewegungen durch Muskelfibern bewirkt werden. Meckel [11] hält ihre Ausdehnung *für den Zustand der Thätigkeit*, die Zusammenziehung für

1 Biol. VI. 476.

2 Richter chirurg. Bibl. IV. 63. Himly ophthalm. Beob. I. 101.

3 Himly und Schmidt ophthalm. Bibl. I. St. 2. p. 44.

4 Diese unter den Physiologen noch streitige Frage kann hier nicht mit Gewiſsheit entschieden werden. Ausführlicher und mit Angabe der weitläuftigen Literatur findet man die Sache erörtert in den angezeigten Quellen.

5 Comm. Petrop. XIII. 349.

6 Hist. de l'Acad. 1704. 261.

7 Physiol. V. 378.

8 Dei Moti dell' Iride. Lucca 1765. 8.

9 Treatise on the Brain, the Eye and the ear. Edinb. 1797.

10 Phil. Trans. 1822. I. 78.

11 Handbuch der Anat. IV. 84.

den der Erschlaffung [1]. Hierfür sprechen allerdings die Zusammenziehung der Iris bei wenigem Lichte, im Tode und im Winterschlafe der Thiere [2]. Andere Beobachter haben indefs die entgegengesetzte Erscheinung wahrgenommen; z. B. HESSELBACH und DÖMLING [3], desgleichen FONTANA [4], welcher bei einem schlafenden Kinde und einer schlafenden Katze die Iris ausgedehnt fand. RUHDOLPHI [5] meint wohl am richtigsten, dafs beide Zustände eine Thätigkeit erfordern, wie denn die Papageyen die Iris willkührlich bewegen. Zur Erklärung des Ganzen nimmt er an, dafs die beiden Schliefsmuskeln der Iris, der innere und äufsere, antagonistisch wirken, indem beim Schliefsen des äufsern eine Erweiterung, des inneren eine Verengerung der *Pupille* erfolge. Ersterer, an Substanz überwiegend, wird den letzteren nach sich ziehen, und daher wird in der Regel Erweiterung in der Amaurose, im Schlafe und im Tode beobachtet werden. Aber auch das Gegentheil kann statt finden, und daher zeigen sich bei krankhaften oder durch narkotische Substanzen erregten Reizen beide Zustände, welcher Meinung im Ganzen auch TREVIRANUS [6] ist, mit dem Zusatze, dafs zur vollständigen Begründung noch der Beweis von der Anwesenheit der hierzu erforderlichen Muskeln fehlt, welche man nur mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen berechtigt ist.

Die *Pupille* befindet sich fast in der Mitte der Iris, etwa $\frac{1}{6}$tel weiter nach der Nase hin, ist in der Regel rund, und nach verschiedenen bedingenden Ursachen verschieden weit. Von der kreisrunden abweichende Formen sind Folgen ursprünglicher Mifsbildung oder krankhafter Zustände. Hierhin gehören namentlich die Fälle einer doppelten Pupille, wodurch zugleich das Doppeltsehen der Gegenstände bewirkt wird, und der von RICHTER beobachtete Fall, dafs nach einem Sturze mit dem Pferde die eigentliche Pupille

1 Vergl. Dömling in Reils Archiv V. 335.
2 Tiedemann in Meckels Archiv I. 483.
3 Reils Archiv V. 352.
4 Dei moti dell' Iride. p. 22 u. 25.
5 Phys. II. 217.
6 Biol. VI. 484.

verschwand, statt dieser aber oben ein Riſs entstand, durch welchen von nahen Gegenständen nur die unteren Theile gesehen wurden [1].

5. Die *Nervenhaut*, *Netzhaut*, *Markhaut* (retina, retine) e, e; 4, 4 ist eine unmittelbare Fortsetzung und Ausbreitung des Sehnervs. Die Sehnerven, welche unter den Hirnnerven die dicksten sind, entspringen an der äuſsern und oberen Fläche des Sehhügels, oder des grossen unteren Hirn-Gangliums und an den Stirnhügeln. Im Hinabsteigen krümmen sie sich um die Schenkel des groſsen Gehirns, erhalten einige Nervenfasern aus demselben, vereinigen sich dann unter einem stumpfen Winkel, und bilden hinter der sella turcica, 23 und vor der Oeffnung, 6 welche zu den Ventrikeln im Kopfe gehört, die *Kreuzungs-Stelle* (Chiasma nervor. optic.) 18, nehmen hier noch Markfasern vom Boden der dritten Hirnhöhle auf, so daſs man ihren Ursprung auch von dieser herleiten kann, und treten dann auseinanderweichend durch eigene Oeffnungen in die Augenhöhlen. Die Meinungen über die *Kreuzung* (decussatio nervorum opt.) sind verschieden, indem die Nerven nach einigen Anatomen bloſs nebeneinander liegen, nach andern aber sich ganz oder mindestens theilweise wirklich durchkreuzen sollen. Für die wirkliche Kreuzung wird die unverkennbare Existenz derselben bei einigen Thieren angeführt, desgleichen daſs bei partieller Blindheit und hiermit verbundenem Aufhören der Ernährung das Schwinden der Nerven in den meisten oder mindestens in vielen Fällen sich vom linken Auge nach der rechten Seite hinzieht, und umgekehrt [2]. Auſserdem läſst sich dafür noch eine Analogie anführen, indem Apoplexieen an der rechten Seite des Gehirns eine Lähmung der linken Seite des Körpers nach sich ziehen, und umgekehrt [3]. Dessenungeachtet soll es nach dem Ausspruche bedeutender Anatomen gleich-

1 Richter chirurg. Bibl. II. 152.

2 Treviranus vermischte Schriften III. 167. Die von mir selbst beobachteten, freilich verhältniſsmäſsig wenigen, Präparate entschieden sämmtlich für eine vollständige Durchkreuzung.

3 Trevianus Biol. VI. 114.

viele Fälle geben, welche gegen eine wirkliche Durchkreuzung entscheiden, und man mufs daher entweder eine nur partielle Kreuzung annehmen, oder bei den verschiedenen Individuen einen Uebergang von einer völligen Durchkreuzung bis zu einem vollständigen Nebeneinanderliegen [1]. Nuerdings stellte Wollaston [2] die Hypothese von einer Halbdurchkreuzung (semidecussation) auf. Er fand nämlich bei sich und andern eine durch Nervenaffection eintretende partielle Blindheit, indem er mit beiden Augen die rechte Seite der Objecte nicht wahrnahm. Diesemnach ist er der Meinung, dafs die in beiden Augen die rechte Seite der Retina bildenden Nerven von dem nämlichen Stamme ausgehen, und eben so bei der linken, woraus ihm zugleich das Einfachsehen der Gegenstände erklärlich wird. Hiergegen streitet indefs, dafs Menschen nach der Verletzung oder dem Schwinden des einen Nervenastes nicht halbsehend waren.

Von ihrem Ursprunge an bis zu dieser Kreuzung sind die Nerven so weich, wie die Marksubstanz, aus welcher sie entsprangen, weiterhin werden sie etwas fester, haben auch bis an diese Stelle keine Bekleidung von der pia mater. Von ihrer Vereinigung an aber bildet diese Membrane Canäle, welche mit Marksubstanz angefüllt sind, sich bis zur Retina fortpflanzen, und deren vasculäre Lamellen bilden. Wenn sie durch die foramina optica a gehen, wobei sie zugleich von oben nach unten etwas plattgedrückt werden, so bekommen sie noch eine Bekleidung, indem die dura mater sich hier in zwei Lamellen theilt, deren eine die innere Fläche der orbita bekleidet, die andre aber als fibröser Ueberzug den Nerven bis zur Sklerotica begleitet [3], wenn dieser zwischen den geraden Augenmuskeln zum Augapfel fortläuft. Dieser Theil des Nerven b c ; 5 ist deutlich aus Röhren zusammengesetzt, wird dicht vor dem Eintritt in die weifse Haut fast um die Hälfte seiner Ausdehnung dünner,

---

1 J. F. Meckel Handb. d. menschl. Anatomie. Halle 1817. 4 Bde. 8. III. 745. Rudolphi Phys. II. 199, wo die wichtigsten Schriften über diesen Gegenstand angegeben sind.

2 Ann. of Phil. 1824. April p. 305.

3 Wardrop. II. cap. 41.

tritt nicht in der Mitte des Augapfels, sondern bedeutend nach der Nase hin, durch die *Siebplatte* (lamina cribrosa) 8, in der harten Haut, und durch ihre Löcher, deren man gegen dreifsig zählt, dann durch die Gefäfshaut in das Auge, an welcher Stelle zugleich die arteria centralis retinae, 20 in der Figur sichtbar ist, und breitet sich dann an der inneren Seite der Choroidea in Gestalt einer weifsen Markhaut aus, welche den Glaskörper einschliefst, und durch Blutgefäfse mit ihm verbunden ist. Die äufsere Fläche dieser Markhaut liegt an der innern, von schwarzem Pigmente überzogenen Fläche der Aderhaut an, ohne jedoch durch Gefäfse damit verbunden zu seyn. Nach vorn endigt sie sich an der *zonula Zinnii*, und ist an derselben befestigt, so dafs sie dadurch ausgespannt erhalten wird, und zusammenschrumpft, wenn man sie davon trennt, sie ist weifs, halbdurchsichtig, weich, leicht zerreifsbar, läfst sich nicht bei Menschen, wohl aber bei manchen Thieren in zwei Blätter theilen, wird mit dem zunehmenden Alter undurchsichtiger, und daher kommt es, dafs wegen der hinter ihr liegenden, mit schwarzem Pigment überzogenen Aderhaut das Innere des Auges bei Kindern schwarz, bei Erwachsenen grau und im hohen Alter fast weifs aussieht. Nach Home [1] ist die Nervenhaut im frischen, lebenden Zustande ganz durchsichtig, wird aber nach dem Tode durch Gerinnung undurchsichtig und weifs.

Neben der Stelle, wo der Nerv in den Augapfel eintritt, erblickt man gerade in der Axe des Auges ein kleines Loch, welches Sömmering [2] entdeckt, und *Centralloch der Nervenhaut* genannt hat, um dieses Loch aber einen gelblichen Ring (macula lutea), welcher im gröfseren Durchmesser 1,5 bis 2 L., im kleineren nur 1 Lin. hält. Beider Zweck und Bestimmung hat man nicht erforschen können. Indefs ist die Existenz dieses Loches von späteren Anatomen überhaupt sehr zweifelhaft gemacht. E. Home [3] will gefunden haben, dafs sich an dieser Stelle die gläserne Feuchtigkeit

1 Phil. Trans. 1821. I. 25.

2 Comment. Gott. T. XIII. Jahrg. 1799. Ev. Home in Phil. Trans. 1798. N. 12.

3 Phil. Trans. 1798. LXXXVIII. p. 332. G. II. 245.

etwas stärker anhänge, und die zarte Nervenhaut mit wegnehme, welches mit Rudolphi's [1] Ansicht übereinstimmt, indem dieser aus triftigen Gründen glaubt, daſs die Oeffnung beim Zergliedern durch Zerreiſsen entstehe, weil hier die Markhaut ausnehmend zart ist. Die Färbung des Flecks ist bei Kindern heller, wird dann dunkler, aber im höheren Alter wahrscheinlich wieder heller.

Mitten durch den Nerv läuft die Central-Arterie desselben, breitet sich in zahlreichen Blutgefäſsen über die innere Fläche der Nervenhaut aus, und sendet eine Menge Gefäſse in den Glaskörper. Ob an der äuſsern Seite der Netzhaut, zwischen dieser und der Aderhaut noch eine feine Haut existire, wie Jacob [2] gefunden haben will, müssen künftige Untersuchungen entscheiden.

Nach Bauer [3] ist der Sehnerv aus vielen Bündeln äusserst feiner Fibern zusammengesetzt, welche aus kleinen Kügelchen gebildet seyn sollen. Letztere sind nach ihm durch eine gelatinöse, im Wasser leicht lösliche Substanz verbunden, und ihr Durchmesser wird zu $\frac{1}{2800}$ bis $\frac{1}{4000}$stel engl. Z. angegeben. Auch die Retina, eine Fortsetzung dieser Bündel, besteht aus Kügelchen zu Fasern verbunden, welche vom Ende des Sehnervs aus sich strahlig ausbreiten, gegen den Umfang hin verschwinden, und sich in eine feine Haut endigen. Sie ist gleichfalls mit zahllosen Arterien und Venen durchwebt.

6. An der vordern Fläche des Glaskörpers befindet sich ein zartes, schwarz gefärbtes Häutchen, welches ringförmig die in ihre Kapsel eingeschlossene Krystalllinse umgiebt, und *Ciliarkranz*, *Strahlenplättchen*, *Zinnischer Gürtel*, (lamina ciliaris, zonula Zinnii) genannt wird [4]. Es ist dieses eine eigene, für sich bestehende Haut [5], welche in die Nervenhaut eingesetzt ist, und diese ausgebreitet erhält. Sie ist mit ihrer inneren Fläche locker

1 Schriften der Berl. Acad. 1816 u. 17. p. 135 Physiol. II. 176.

2 Annals of philos. 1818 N. 67 p. 74. Phil. Trans. 1819. II. 300.

3 Phil. Trans. 1821. I. 25.

4 Beer Ansicht der staphylomatischen Metamorphose. Wien 1805.

5 Rudolphi Diss. de oculi quibusdam partibus. Gryphisw. 1801. 4. Anatom. physiol. Abh. p. 20.

an die Glashaut befestigt, vorn befindet sich jedoch zwischen ihr und der Linsenkapsel der von PETIT[1] zuerst entdeckte, und nach ihm benannte kreisförmige Canal, hinter welchem der Rand des Ringes an der Linsenkapsel befestigt ist. Seine äufsere Fläche zeigt schwache, strahlenförmige Vertiefungen, in welche die Ciliarfortsätze befestigt sind. Die wichtige Bestimmung dieses Ringes ist, die Nervenhaut ausgebreitet zu erhalten, den Glaskörper mit der Linsenkapsel und die Ciliarfortsätze zu befestigen, und in ihrer gehörigen Lage zu erhalten.

Aufser diesen Theilen gehören wesentlich zum Auge noch drei verschiedene Flüssigkeiten, die *wässerige Feuchtigkeit*, die *Krystalllinse* und der *Glaskörper*. Die erstere 10; h befindet sich zwischen der Hornhaut vor und hinter der Iris bis an die Linse; die Krystalllinse 11; i liegt hinter der wässerigen Feuchtigkeit im vorderen und mittleren Theile des Auges; der Glaskörper 12; m nimmt den gröfsten, hinteren Theil des Augapfels ein. Nimmt man die Axe des Auges als Einheit an, so kommen hiervon beim Menschen auf die wässerige Flüssigkeit $\frac{3}{22}$, auf die Krystalllinse $\frac{4}{22}$ und auf den Glaskörper $\frac{15}{22}$. Anders ist dieses Verhältnifs bei verschiedenen Thieren[2].

1. Die *wässerige Feuchtigkeit* (humor aquens, humeur aqueuse) ist eine wasserhelle, farben- und geruchlose, durch die Iris in zwei ungleiche, im Verhältnifs von 2 : 1 stehende Abtheilungen getheilte Flüssigkeit, deren spec. Gew. nach CHENEVIX[3] = 1,0053, und deren Menge beim erwachsenen Menschen 6 bis 7 Tropfen betragen soll. Sie besteht aus Wasser 98,10, milchsauern[4] und salzsauern Alkalien 1,15, Natron mit speichelstoffartiger Materie 0,75 und einer Spur Eiweifsstoff[5]. Sie liegt wahrscheinlich völlig eingeschlossen in einer höchst zarten Haut (T. hyaloidea), welche

---

1 Mém. de l'Acad. 1726. p. 80.

2 CUVIER Anatomie comparée deutsch. Ueb. II. 354.

3 Phil. Trans. 1803. p. 198. Phil. Mag. XVI. 256. Gehlen N. J. III. 394.

4 Nach neueren Untersuchungen ist die Milchsäure keine eigenthümliche Säure, sondern eine wenig verunreinigte Essigsäure.

5 L. Gmelin Chemie II. 1628.

zuerst von Duddell[1] unbestimmt erwähnt, nachher von Descemet[2] und Demours[3] deutlich beschrieben, neuerdings wieder von Sawry[4] gefunden wurde, und nach der Ansicht des letzteren die innere Fläche der Hornhaut bekleidet, dann sich über die vordere Fläche der Iris durch die Pupille und an deren hinteren Fläche hinzieht, endlich über die vordere Fläche der Linsenkapsel hinläuft, und so sich schliefst, welche Ansicht auch Wrisberg vertheidigt[5]. Sie ist vollkommen durchsichtig und sehr elastisch, und behält diese Eigenschaften sowohl im warmen Wasser, als auch im Alkohol, gehört zu den serösen Häuten, und dient nach einigen zur Absonderung des humor aqueus[6], weswegen sie membrana humoris aquei genannt ist, obwohl sie nach andern[7] hiermit in keiner Beziehung steht.

Die wässerige Feuchtigkeit ist in der Jugend am klarsten, trübt sich mehr im Alter, wird zuweilen, wahrscheinlich durch Entzündung der Demourchen Haut und der Iris zu reichlich *abgesondert*, erzeugt dann ein Gefühl von Spannung, die Hornhaut trübt sich, und wird stark hervorgetrieben. Im Gegentheil findet aber auch zu reichliche Absorption statt, welche beide Zustände auf die Veränderung der Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit Einfluss haben.

2. Die *Krystalllinse* (lens crystallina) ist die consistenteste Feuchtigkeit im Auge, liegt in einem zarten durchsichtigen Häutchen, der Linsenkapsel, (capsula lentis)[8] und diese ist in eine Vertiefung der vorderen Fläche des Glaskörpers befestigt. Sie ist biconvex, mit stärkerer Krümmung der

---

1 Treatise of the diseases of the horny coat in the eyes. Lond. 1729. 8.

2 Mém. presentés V. 1768.

3 Lettre à M. Petit. Par. 1767.

4 An account of a newly discovered membrane in the human eye. Lond. 1807. 4.

5 Primae Lin. phys. Hall. ed. Wrisb. 1780. Obs. 142.

6 Wardrop essay's on the morbid anatomy of the human eye. Lond. 1818. II. 97.

7 Meckel Handb. d. Anat. IV. 76.

8 Petit. Mém. de l'Acad. 1730. p. 465.

hinteren als der vorderen Fläche, obgleich PETIT [1] in einzelnen Fällen auch das Gegentheil, und sogar bei denselben Menschen zuweilen beide Linsen verschieden gekrümmt gefunden haben will, und verflacht sich mehr bei zunehmendem Alter. Völlig durchsichtig und farbenlos ist sie gleichfalls nur in der Jugend, im hohen Alter dagegen wird sie allmälig von der Mitte aus gelblicher [2]. Ihr spec. Gew. ist nach WINTRINGHAM [3] = 1,1060, des Kerns aber = 1,1480; nach ROBINSON [4] = 1,1083 nach MONRO [5] = 1,114; nach CHENEVIX [6] = 1,0791, und zugleich nimmt ihre Dichtigkeit vom Centrum an nach Aufsen ab. In Weingeist, Mineralsäuren und durch Kochen verdickt sie sich, und läfst sich dann in viele Schichten und Blätter theilen, welche gegen die Mitte nach dem Kern hin an Festigkeit zunehmen, ohne dafs hieraus jedoch ihr lamellenförmiger Bau im lebenden Zustande nach SÖMMERING [7], BERZELIUS, RUDOLPHI [8] u. a. [9] folgt, nach REIL [10], PETIT [11], und MECKEL [12] aber ihr wesentlich eigen ist. Diese Blätter bestehen wieder aus strahligen Fasern, welche von der Axe auslaufen. Nach BERZELIUS [13] besteht sie aus Wasser 58,0; eigenthümlicher Materie 35,9; salzsauern, milchsauern [14] Salzen und thierischer Materie in Alkohol löslich 2,4; thierischer Materie in Wasser lös-

---

1 Mém. de l'Acad. 1726. 81.

2 Petit in Mém. de l'Ac. 1726. p. 81. 1730. p. 18.

3 Haller El. Phys. V. 401.

4 Ebend.

5 Treatise on the Brain, the Eye and the ear. Edinb. 1797.

6 Phil. Trans. 1803. p. 198. Phil. Mag. XVI. 256.

7 Abbildung. p. 80.

8 Physiol. II. 183.

9 Dissert. sistens systematis lentis cryst. monographiam. cet. Auct. B. F. Baerens. Tub. 1819. 4.

10 Reil, resp. S. G. Sattig. Lentis cryst. structura fibrosa. Hal. 1794. 8. Gren J. VIII. 325.

11 Mém. de l'Acad. 1730. p. 18.

12 Handb. d. Anat. IV. 101.

13 Ueber d. Zusammensetzung der thier. Flüssigkeiten. Uebers. von Schweigger. Nürnb. 1814. p. 57.

14 Eigentlich essigsauer. S. 545. Anmerk. 4.

lich mit einigen phosphorsauern Salzen 1,3; zurückbleibendem unauflöslichem Zellgewebe 2,4. Die eigenthümliche Materie gerinnt beim Kochen, und hat alle chemischen Eigenschaften der färbenden Substanz des Blutes, ausgenommen die Farbe, den Einfluſs der Linsen von Fischen und vierfüſsigen Thieren auf polarisirtes Licht hat Brewster untersucht [1].

Zwischen der Linse und ihrer Kapsel, welche vorn dikker als hinten ist, befindet sich eine kleine Quantität einer eigenen wässerigen und durchsichtigen Flüssigkeit, durch Morgagni [2] entdeckt, und nach ihm *liquor Morgagnii* genannt. Sie bespült die Krystalllinse, oder diese schwimmt vielmehr in ihr, und wird von den, an der hinteren Fläche der Kapsel verbreiteten Gefäſsen, welche Zweige der arteria centralis retinae sind, abgesondert. Wahrscheinlich steht sie mit der Ernährung der Krystalllinse in einer nahen Beziehung, weil man keinen organischen oder Gefäſs-Zusammenhang zwischen der Linse und ihrer Kapsel wahrnimmt. Indeſs könnten auch nach der Meinung von Zinn und Beer zarte, bloſs Blutwasser führende, Gefäſse von der hinteren Wand der Kapsel in die Linse laufen. Ob die Krystalllinse ihr eigenes Gefäſssystem habe, durch welches sie aus der Morgagnischen Flüssigkeit ernährt werde [3], ist noch nicht genügend erwiesen, und manche glauben daher, daſs sie sich durch sich selbst aus der von den Gefäſsen und Häuten der Kapsel ausgeschwitzten Feuchtigkeit ernähre [4], wie sie denn auch nach Chassot [5] bald nach dem Tode in Wasser gelegt anfangs weniger, dann mehr von demselben einsaugen soll. Endlich soll die Krystalllinse in sehr seltenen Fällen fehlen, und in noch seltenern doppelt gefunden seyn [6].

---

1 Phil. Trans. 1816. 311.

2 Aversar. Anat. VI. 71 Epist. anat. 17 §. 32. Petit. Mém. de Par. 1730. p. 443.

3 Walter Abhandl. aus d. Gebiete d. pract. Med. I. 17. Gregorini in Rust's Archiv. V. 298.

4 Meckel Deutsch. Archiv. I. 72.

5 Ann. de Chim. X. 354.

6 Wardrop. a. a. O. II

3) Die *Glasfeuchtigkeit*, der Glaskörper (humor vitreus, corpus vitreum, humeur vitrée) nimmt den gröfsten Theil des Auges, den mittleren und hinteren ein, und ist in eine eigene zarte und durchsichtige Haut, die *Glashaut* (tunica vitrea, hyaloidea) eingeschlossen. Die letztere bildet viele Zellen, worin die Feuchtigkeit enthalten ist. Zweige der arteria centralis retinae treten von hinten in den Glaskörper, verbreiten sich in der Glashaut, und aus diesen wird die Glasfeuchtigkeit abgesondert. Demours[1] war der erste, welcher die Zellen und ihre Verbindung mit einander nachwies. Der vordere Theil der hyaloidea trennt sich in zwei Lamellen, deren eine als feines Häutchen (membrana coronae ciliaris Zinnii) zwischen dem Strahlenkörper und der gläsernen Feuchtigkeit bis an die Krystalllinse fortgeht, und sich in deren Kapsel einfügt. Dieses Häutchen ist von starken Fibern durchschnitten, welche kürzer sind, als dasselbe. Der dreieckige Raum, welcher dieses Häutchen, die fortgehende gläserne Feuchtigkeit und ein Theil der Vorderfläche der Krystalllinse zwischen sich lassen, heifst der *Petitsche Canal* (canalis Petitii), dessen Bestimmung noch unbekannt ist.

Die Glasfeuchtigkeit ist vollkommen durchsichtig und farbenlos, eiweifsartig consistent, nach Wintringham[2] vom spec. Gew. 1,0024, nach Chenevix[3] = 1,0053, und besteht nach Berzelius[4] aus 98,40 Wasser; 0,16 Eiweifsstoff; 1,42 salzsauern und milchsauern (essigsauern) Salzen; 0,02 Natron und einer im Wasser auflöslichen Materie[5].

Obgleich Form und Gröfse des Auges und seiner Theile nicht bei allen Individuen ganz gleich sind, so machen doch die Abweichungen bei normaler Bildung keinen sehr bedeu-

---

1 Mém. de l'Ac. 1741. 60.

2 Haller Elem. Phys. V. 395.

3 Phil. Trans. 1803. p. 198. Phil. Mag. XVI. 256. Bibl. Brit. XXII. 345.

4 a. a. O.

5 Noch weitere Untersuchungen über spec. Gew. und chemische Bestandtheile der Feuchtigkeiten des Auges von Nicolas findet man in Ann. de Chim. LIII. 307. Vergl. Schweig. N. J. V. 668.

tenden Unterschied. PETIT ist derjenige, welcher sich mit diesen Messungen am meisten beschäftigt hat. Zuerst versuchte er, die Augen gefrieren zu lassen, um dann die Dimensionen zu bestimmen[1], welche aber wegen der Ausdehnung des Eises eben so wenig genau seyn konnten, als die älteren Messungen[2]. Leichter ist es, das Gewicht der einzelnen Theile zu finden. Nach PETIT[3] wog ein menschliches Auge von einem funfzigjährigen Manne 6 Stunden nach dem Tode 142 Grains. Hiervon kommen auf die wässerige Feuchtigkeit 4 Gr., die Krystallfeuchtigkeit 4 Gr., die gläserne 104, die Häute zusammen 31 Gr. Bei dem Auge eines zwei und zwanzigjährigen Mannes wogen die ersten beiden Theile genau eben so viel, die gläserne Feuchtigkeit aber nur 95 Gr., die Häute 29 Gr., also das Ganze 132 Gr. Später verfertigte sich PETIT[4] zum Messen des ganzen Auges und seiner Theile ein eigenes Werkzeug, *Ophtalmometer* genannt, aus einer genau getheilten kupfernen Stange und einem Schieber mit Nonius bestehend, womit er aus einer grofsen Menge von Messungen und mit nicht unbedeutenden Abweichungen die gesuchten Gröfsen fand. JURIN[5] hat sie auf Decimallinien des englischen Zolles reducirt, und so sind sie in die meisten Lehrbücher übergegangen. Hiernach ist der Halbmesser der Krümmung der Hornhaut = 3,3294, der Halbmesser der vorderen Krümmung der Linse im Mittel aus 26 Messungen = 3,3081, der Halbmesser der hinteren eben so gefunden = 2,5056, die gröfste Dicke der Linse = 1,8525, die Axe der Hornhaut und der wässerigen Feuchtigkeit zusammen = 1,0358. Nach BREWSTER[6] beträgt in gleichem Mafse ausgedrückt den Durchmesser der Linse 3,78, der Cornea 4,00, die Dicke der Linse 1,72 der Cornea 0,42. Die ursprünglichen Bestim-

1 Mém. de l'Ac. 1723. p. 38.

2 Haller Elem. Phys. V. 406 ff.

3 Mém. de l'Ac. 1728. p. 221.

4 Mém. de l'Ac. 1728. p. 289. 1730 p. 4 ff.

5 Smith's Lehrbegriff d. Opt. übers. von Kaestner p. 496.

6 Edinb. phil. Journ. 1819. N. 1. p. 47. Ann. de Chim. et de Ph. XI. 331.

mungen Petit's[1] sind in Duodecimallinien des französischen Fuſses ausgedrückt, folgende: die Axe des Auges 11‴,333 ... die Dicke der Cornea 0,466, der wässerigen Feuchtigkeit 1,250, die Dicke der Linse im Minimum 1,666... im Maximum 2,877... im Mittel 2,00, der Durchmesser oder die Breite der Linse im Minimum 3,75, im Maximum 4,5 im Mittel 4,00[2], das Gewicht der Linse im Minimum 3 Gr. im Maximum 5,5 Gr. im Mittel 4 Gr. die Augenaxe von der vorderen Fläche der Cornea bis zur Retina 10,305... Hieraus folgt die Axe der gläsernen Feuchtigkeit 6,889 und die Dicke der drei Häute in der Axe des Auges 1,028. Die Halbmesser der Krümmungen des Auges sind noch schwieriger zu bestimmen. So behauptet Mauchart[3] die Cornea sey nicht kugelförmig gekrümmt, die Krystalllinse dagegen hielt Walther[4] für kugelförmig, Kepler[5], dagegen, Briggs[6], und Petit[7] für elliptisch oder parabolisch gekrümmt, auch Chossat[8], welcher seine Messungen mit einem Magnetometer von Charles anstellte, fand die Krümmung sowohl der Cornea als auch der Linse bei verschiedenen Thieren ellipsoidisch. Indeſs fand Petit durch viele Messungen und Rechnungen den Halbmesser der Krümmung der Cornea im Mittel 3,750, die Chorde derselben 5,00, den Halbmesser der vorderen Krümmung der Krystalllinse im Minimum 2,75, im Maximum 12 Lin., im Mittel 3,00 bis 3,25, der hinteren im Minimum 2,25, im Maximum 4, im Mittel 2,5 Lin. Nach Helsham[9] ist jener 3,3081, dieser 2,5086, die Dicke der gläsernen Feuchtigkeit 6,2617. Th. Young[10] maſs auf

---

1 a. a. O.

2 Petit in Mém. de l'Ac. 1727 giebt beim menschlichen Auge das Verhältniſs der Axe zum Durchmesser = 1 : 2, Sömmering a. a. O. = 1 : 2,25 an.

3 Diss. de Cornea. §. 6.

4 Diss. de lente cryst. §. 2.

5 Paralipomena ad Vitellionem. Frcf. 1604. 4. c. 5.

6 Ophthalmographia. L. B. 1686. 12. p. 75.

7 Mém. de l'Ac. 1725. p. 20.

8 J. d. Ph. LXXXVIII. 315.

9 Haller El. Phys. V. 400.

10 Phil. Trans. XCI. 58.

eine mühsame Weise sein eigenes Auge, und fand, in engl. Zollen, in mindestens sehr genäherten Werthen den verticalen Durchmesser = 0,98 Z., die Axe = 0,94 Z. und indem er für die Häute 0,03 abzieht, die Axe von der Cornea bis zur Retina = 0,91 Z., die Chorde der Cornea lothrecht genommen = 0,45, horizontal = 0,45, den sin. vers. derselben = 0,11 und daher ihren Radius = 0,31, die Oeffnung der Pupille von 0,25 bis 0,12 Z. Aus dem sin. vers. der Cornea schliefst er dann auf die Entfernung der Linse, und bestimmt sie = 0,12 Z. Die Messungen von Petit sind indefs immer noch die zuverlässigsten.

Eine Hauptuntersuchung bei der Bestimmung der Beschaffenheit des Auges und seiner Theile betrifft die lichtbrechende Kraft derselben. Man hat hierüber ältere Bestimmungen von Scheiner[1], nach welchem die wässerige Feuchtigkeit wenig vom Wasser abweicht, die Krystalllinse dem Glase sehr nahe kommt, und die gläserne Feuchtigkeit zwischen beiden die Mitte hält. Genaue Versuche durch Einschliefsen in ein gläsernes Prisma stellte schon Hawksbee[2] an, und fand das Verhältnifs des Brechungssinus zum Einfallssinus beim Wasser und der wässerigen Feuchtigkeit 1,335, bei der gläsernen Feuchtigkeit des Ochsenauges 1,335, bei der krystallenen 1,463. Nach Wintringham[3] ist dasselbe bei der Krystalllinse 1,4, nach Porterfield[4] 1,3645. Die Schwierigkeit bei diesen Bestimmungen liegt hauptsächlich darin, dafs diese Theile nach dem Tode sich so leicht zersetzen und nicht füglich in der ihnen im Leben eigenen Temperatur untersucht werden können. Neuerdings sind schätzbare Versuche hierüber angestellt von Chossat[5], sowohl mit den Augen der Menschen als der Thiere. Er fand die Brechungskraft der einzelnen Theile wenig vom Wasser

1 Oculus. Lond. 1652. 4. p. 193.

2 Experiments on Mechanics, Pneumatics and Optic's. Lond. 1709. 4. p. 225.

3 Notiones et Observ. p. 249.

4 a. a. O.

5 Mém. sur le rapport de réfraction des milieux de l'oeil. Im Ausz. in Journ. de Médicine III. 125. auch in Bulletin des Sc. par la Soc. phil. de Par. 1818. Juin p. 94. Bibl. univ. IX. 26.

verschieden, nämlich das Verhältniſs des Brechungssinus zum Einfallssinus bei der Hornhaut = 1,33, der Linsenkapsel = 1,359, der wässerigen Feuchtigkeit = 1,338, der Glasfeuchtigkeit = 1,339. Die Krystallinse will er aus mehreren Schichten bestehend gefunden haben, deren Dichtigkeit, und in gleichem Grade die lichtbrechende Kraft von Auſsen nach Innen gegen den Kern zunehmen soll, beim Menschen = 1,338 ; 1,395 ; 1,420, der ganzen Linse im Mittel = 1,384. Wenig verschiedene Resultate geben die Versuche von Brewster [1], nach welchem dieses Verhältniſs ist: für Wasser = 1,3358, die wässerige Feuchtigkeit = 1,3366, die Glasfeuchtigkeit = 1,3394, äuſsere Schichtung der Linse = 1,3767, mittlere Lage = 1,3786, Centrum der Linse = 1,3990, mittlere Brechung = 1,3839. Young [2] findet mit Chossat übereinstimmend für das Centrum der Linse = 1,4025, d. h. nach Versuchen das Brechungsverhältniſs derselben zu Wasser = 21 : 20. Wenn man indeſs die Brechungskraft derselben aus ihrer Wirkung im lebenden Körper berechnet, so ist diese = 14 : 13, und also ihre absolute Brechungskraft = 1,43856. Die Ursache dieser Differenz findet er darin, daſs die Linse von der umgebenden wässerigen Feuchtigkeit etwas aufsaugt. Dieses hält er für die eigentliche Brechungskraft der ganzen Linse, als eine Folge der ungleichen Dichtigkeit, indem das Brechungsvermögen des mittleren Theils = 18 : 17 = 1,414375 seyn, aber durch eingesogenes Wasser = 21 : 20 = 1,4025 werden soll [3]. *M.*

Ausdehnung.

Extensio; Etendue; *Extension*; bezeichnet den allgemeinen Begriff des Seyns der Materie oder des Körpers im

1 Edinb. phil. Journ. 1819. N. 1. p. 47. Ann. de Chim. et de Ph. XI. 330. Treviranus Biol. VI. 457. Graefe und Walther. Journ. d. Chir. I. 356.

2 Phil. Trans. 1801 XCI. p. 42. Vergl. 1793. p. 174.

3 Wegen der, für den Physiker stets so wichtig geachteten Untersuchungen des Sehens durfte ich mir eine solche Ausführlichkeit bei diesem Artikel erlauben. Daſs ich denselben so vollständig ausarbeiten konnte, verdanke ich der gütigen Unterstützung meiner Freunde Tiedemann (dessen handschriftliche Collectaneen ich sogar benutzt habe), Conradi und Chelius.

Raume, indem man die Materie, als das den Raum erfüllende von dem erfüllten Raume unterscheidet, welcher nach Wegnahme des Körpers aus demselben ein leerer seyn würde. Nach dieser Ansicht wird durch den Begriff der Ausdehnung und des Ausgedehntseyns das Wesen der Materie an sich nicht bezeichnet, sondern bloſs die Art unserer Vorstellung von derselben und von den Körpern im Allgemeinen angegeben [1].

Zur Vorstellung von der Ausdehnung als nothwendiger Bedingung der Existenz aller Körper, und in so fern auch der Materie überhaupt, gelangen wir durch die geometrische Bestimmung des Raumes, welchen ein jeder Körper einnimmt. Diesen messen wir aus nach den bekannten drei Dimensionen der *Länge*, *Breite* und *Tiefe*, welche bei jedem Körper vereinigt seyn müssen, indem ohne diese derselbe nicht denkbar ist. Wie groſs jede dieser drei Gröſsen sey, kommt bei der Feststellung unserer Begriffe im Allgemeinen gar nicht in Betrachtung, und hieraus folgt unmittelbar, daſs sie auch bis zum Verschwinden klein seyn können, und somit muſs das kleinste Körperlement, als in diese Grenzen eingeschlossen, immer noch im Raume seyend vorgestellt werden, bis zum Unendlichkleinen, welches, als solches, ein Gegenstand des Messens und zugleich auch des Vorgestelltwerdens zu seyn aufhört, dessen Untersuchung daher auch nicht mehr in das Gebiet der Physik gehört.

Inwiefern Ausdehnung in diesem Sinne das Wesen der Materie und der Körper bedingt, ist unter dem Artikel *Materie* weiter ausgeführt. *M.*

Ausdehnung.

Dilatatio; Expansio; Dilatation; *Expansion*, nennt man im Allgemeinen die Vergröſserung des Volumens der Körper ohne Vermehrung ihrer Masse. Die hiernach zu untersuchende, allen Körpern zukommende Eigenschaft, vermöge welcher sie einer Vergröſserung oder Verkleinerung ihres Volumens ohne Vermehrung ihrer Masse fähig sind, ist indeſs verschieden von der Elasticität, vermöge welcher

1 Biot Traité. I. 1.

Theile der Körper durch äufsere Gewalt mehr zusammengedrückt werden können, und dann mit einer verschiedenen Kraftäufserung in ihren vorigen Raum zurückkehren; desgleichen von der Dehnbarkeit, in einigen Fällen auch Streckbarkeit genannt, vermöge welcher verschiedene Substanzen, ohne eigentliche Vermehrung oder Verminderung ihres Volumens sich nach einer Dimension verlängern oder ausdehnen lassen, z. B. Federharz, und die Metalle in höherem oder geringerem Grade. Endlich ist die Ausdehnung auch zu unterscheiden von der Expansibilität, welche Eigenschaft den unterscheidenden Charakter der Luft- und Gas-Arten ausmacht, bei denen folglich ein gewisser constanter äufserer Druck angenommen werden mufs, wenn man ihre Ausdehnung in einen gröfseren Raum, als welchen sie dann einnehmen, untersuchen und bestimmen will.

Es giebt ferner eine eigenthümliche, hier nicht zu untersuchende Art der Ausdehnung fester Körper, welche in ihrer Wesenheit leicht erkannt werden kann. Viele derselben lassen sich nämlich durch mechanische Gewalt in einen kleineren Raum zusammenpressen, und sind dann dichter. Namentlich geschieht dieses bei den Metallen durch Walzen, Hämmern, Drahtziehen u. s. w. ohne dafs sie bei aufhörendem Drucke nach Art der Elasticitätsäufserung zu ihrem vorigen Volumen wieder zurückkehren. Letzteres geschieht aber durch Erhitzung, und man kann also sagen, dafs sie hierdurch nach andern Gesetzen ausgedehnt sind, als nach denjenigen, welche dem Einflusse der Wärme zukommen. Auf gleiche Weise lassen sich auch andere Körper, als Holz, Zeuge, Geflechte, Seile u. dgl. mechanisch verdichten, und erhalten in diesem Falle durch Feuchtigkeit ihr voriges Volumen wieder, welches sie dann auch nach dem Entferntwerden der hinzugekommenen Feuchtigkeit behalten. Wenn man z. B. einige Holzarten, namentlich Lindenholz glatt hobelt, dann mit Matrizen Buchstaben oder Figuren darauf schlägt, und abermals bis auf die entstandenen Vertiefungen abhobelt, dann der Feuchtigkeit aussetzt, so werden die niedergedrückten Stellen sich wieder erheben, und nach dem abermaligen Austrocknen erhoben bleiben. Man kann dieses also allerdings eine Ausdehnung ohne Ver-

mehrung der Masse nennen, wie in dem Falle nicht statt findet, wenn verschiedene Körper durch den Zutritt der Feuchtigkeit anschwellen oder quellen. Die Ausdehnung vieler Körper, welche sie im Uebergange von der Flüssigkeit zur Festigkeit durch Krystallisirung erleiden, wird an ihrem Orte erwähnt werden.

Auch Flüssigkeiten dehnen sich aus, wenn bei ihnen der Gährungsprozeſs eintritt, und eine Menge kohlensaures Gas, welches vorher im gebundenen Zustande, oder noch in seinen Bestandtheilen in ihnen vorhanden war, frei wird, und in zahllosen Bläschen aufsteigt, wobei die Ursache der erfolgenden Vergröſserung des Volumens von selbst in die Augen fällt.

Eine Ausdehnung der Gasarten bei bleibendem Drucke und unveränderter Temperatur findet kaum statt; indeſs liefert die vom Grafen Stadion entdeckte Euchlorine ein Beispiel dieser Art, indem sie bei mäſsig erhöhter Temperatur unter Lichtentwickelung explodirt, sich bleibend ausdehnt, und nachher als 1 Maſs Chlorgas und 0,5 Maſs Sauerstoffgas erscheint[1].

Man kann indeſs die hier aufgezählten Beispiele nur als Ausnahmen ansehen, indem im Allgemeinen als Regel anzunehmen ist, daſs die Körper ohne Vermehrung ihres Volumens sich nicht ausdehnen, auſser durch Erhöhung der Temperatur. Die Wärme dagegen kann als allgemeine, auf alle Körper wirkende Ursache der Ausdehnung angesehen werden, und nur in denjenigen Fällen finden *scheinbare* Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel statt, wenn besonders bedingende Umstände diese veranlassen, z. B. daſs thönerne Gefäſse, namentlich die *Wedgewoodschen Pyrometerkugeln*, in der Hitze durch eine Art Zusammensinterung kleiner werden. Hierhin gehören auch die von Kraft, Celsius u. a. beobachteten Erscheinungen, daſs Holz, Leder, Knochen, Papier u. s. w. in gröſserer Kälte sich ausdehnen. Celsius namentlich fand Holz, welches er aus 14° R. in — 14° brachte, um $\frac{1}{3000}$stel seiner Länge vermehrt[2]. Die Ur-

---

1 G. LII. 179.

2 Lambert Pyrometr. p. 122.

sache liegt aber in der Feuchtigkeit, welche durch Wärme entfernt wird, und dadurch eine Verminderung des Volumens bewirkt; so dafs also die Erscheinung überhaupt nicht hierher gehört. Wenn man indefs von diesen bedingenden Umständen abstrahirt, oder ihren Einflufs vermeidet, so folgen auch die Hölzer nach Placidus Heinrich[1] dem allgemeinen Gesetze des Ausgedehntwerdens durch Wärme, jedoch in einem sehr geringen Grade.

Ein allgemeines Gesetz über die Ausdehnung aller Körper, wodurch die Vermehrung des Volumens als Function der Wärme genau in Zahlen ausgedrückt würde, ist noch nicht aufgefunden[2]. Eben so wenig kennt man die Gewalt, welche die verschiedenen Körper bei ihrer Ausdehnung ausüben, weifs aber, dafs dieselbe aufserordentlich grofs ist. Hieraus erklärt sich das Zerspringen des dicksten Glases und selbst eiserner Platten, z. B. der Ofen- und Heerd-Platten bei ungleicher Ausdehnung. Lambert[3] findet aus der zum Zerreissen erforderlichen Kraft die Stärke der Ausdehnung eines Stabes von 1 Quad. Linie Querschnitt, bei Messing = 97 Pfd. bei Eisen = 136 Pfd. für die Differenz der Temperatur zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers. Allein schon der Umstand, dafs nach seiner Ansicht 1° R. Temperaturdifferenz für jenes nur 1,2 Pfd. für dieses 1,7 Pfd. geben würde, zeigt die Unhaltbarkeit dieser Ansicht; denn feste Körper, welche bei höherer Temperatur weicher werden, dehnen sich in einer niedrigern Temperatur bei einer geringeren Zunahme ihrer Wärme zwar weniger dem Volumen nach, aber mit gröfserer Gewalt aus, welches auch damit übereinstimmt, dafs das Festhalten der Wärme gegen die Einwirkung des mechanischen Druckes bei niedriger Temperatur stärker ist, als bei höherer. Blofs für Gasarten läfst sich die Kraft der Ausdehnung genau berechnen, indem bei diesen nach dem Mariotteschen Gesetze ihre Elasticität dem Volumen umgekehrt proportional ist.

1 G. XXVI. 229.

2 Tralles bei G. XXVII. 244.

3 Pyrometrie oder vom Mafse des Feuers und der Wärme. Berl. 1779. 4. p. 249.

Indem sie sich nun nach Gay-Lüssac durch eine Temperaturerhöhung von 1° C. um 0,00375 ihres Volumens ausdehnen, so wird, wenn P die zusammendrückende Kraft ist, die Stärke ihrer Ausdehnung K = 0,00375 P. für 1° C. seyn, indem sie nach der Vermehrung der Temperatur um 1° C. im Ganzen mit P. 1,00375 drücken.

Wenn feste Körper durch Verminderung der Temperatur sich zusammenziehen, so geschieht auch dieses mit einer außerordentlichen Kraft, welche aber kleiner seyn muſs, als die Stärke ihrer Cohäsion, wenn sie nicht zerreissen sollen. Oft zerreissen indeſs die Körper durch den Einfluſs einer niedrigen Temperatur, wie namentlich groſse Eismassen bei ungewöhnlich heftiger Kälte[1]. Man benutzt indeſs diese Zusammenziehung als Mittel zur Ueberwindung des gröſsten Wiederstandes, indem z. B. Ringe und Beschläge heiſs aufgepaſst werden, und nach dem Erkalten fester aufsitzen, als dieses durch mechanische Mittel zu erreichen gewesen wäre. Vorzüglich sinnreich hat Molard sich dieses Mittels bedient, um die ausgewichenen Mauern eines groſsen Magazins für Baumaterialien in Paris wieder gerade zu ziehen, indem er die durchgezogenen starken eisernen Anker je einen um der andern durch Lampen erhitzen und dann festschrauben lieſs, worauf sie sich beim Erkalten verkürzten, und die ungeheure, durch kein versuchtes mechanisches Mittel zu wältigende Last überwanden[2].

Im Allgemeinen ist die Ausdehnung der Körper den Incrementen der Wärme proportional, weswegen man auch die letzteren durch die erstere zu messen pflegt. Dieses dauert aber bloſs so lange, als die Körper ihren Aggregatzustand nicht ändern, oder der zu einer solchen Veränderung erforderlichen Temperatur nicht nahe kommen[3]. Die einzigen Körper also, von denen man behaupten kann, daſs ihre Ausdehnung allgemein den Incrementen der Wärme proportional seyen, sind die permanenten Gasarten. Indem aber die verschiedenen festen, flüssigen und expansibelen Körper

1 Silliman's J. 1820. p. 177.
2 Biot Traité. I. 181.
3 Muncke physikal. Abh. p. 113.

nicht bloſs rücksichtlich der Gröſse, sondern auch der Art der Ausdehnung verschiedene Gesetze befolgen, indem dieselbe mehr oder minder gleichförmig ist; so müssen diese einzeln untersucht werden, wobei es schwierig ist, bei den verschiedenen, oft nicht wenig abweichenden Resultaten der Versuche[1] die sichersten herauszufinden.

A. Ausdehnung fester Körper.

Von der Ausdehnung der festen Körper überzeugt man sich bald durch eine Menge von Erfahrungen. In den physikalischen Cabinetten befinden sich meistens cylindrische Metallstangen, welche in Oeffnungen genau eingepaſst nach der Erhitzung nicht mehr hineingehen; oder Kugeln und Würfel, welche bei höherer Temperatur durch genau passende Ringe oder Oeffnungen nicht mehr durchfallen[2]. Indeſs wurde man auf das Bedürfniſs, die Gröſse der Ausdehnung der verschiedenen Körper durch Wärme genau zu messen, erst aufmerksam durch die Verkürzung des Pendels, dessen sich Richer 1672 in Cayenne bediente, und welche für den vermeintlichen Einfluſs der höheren Temperatur zu groſs gefunden wurde. Sinnreich schlug daher Dalencé schon 1688 vor, die Pendelschwingungen als ein Mittel zum Messen der Ausdehnung durch Wärme zu benutzen[3]. Indeſs sind seine Versuche, eben wie die durch Picard[4], la Hire[5], Derham[6], Newton[7], Lowitz[8] u. a. angestellten zu ungenau, weil sie sämmtlich ohne feinere Mittel der Messungen und ohne genügende Bestimmungen der Temperatur angestellt wurden. Nicht bessere Resultate geben die Bemühungen Godin's und Don Juan's[9], so wie auch der Hebelapparat,

1 Bellani in Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. VI. p. 217.

2 s'Gravesande Phys. Elem. math. Leidae 1748. c. X. §. 2427.

3 Traité des baromètres, thermom. et hygrom. Amst. 1688. 8.

4 Mém. de l'Ac. 1670.

5 Ebend. 1688.

6 Phil. Trans. XXXIX. 201.

7 Princ. L. III. prop. 19.

8 Lambert Pyrom. p. 121.

9 Voyage historique de l'Amerique meridionale par D. G. Juan et par D. Ant. de Ulloa. Amst. 1752. 4. II. 86.

dessen sich Bouguer bediente[1], zu wenig genau gearbeitet war, als daſs er hinlänglich feine Gröſsen mit Sicherheit zu messen verstattet hätte. Indeſs ist Bouguer Erfinder der Methode, die kleinen Ausdehnungrn durch ein nach einem entfernten Gegenstande gerichtetes Fernrohr sichtbar zu machen. Er hing nämlich im Dom des Hôtel des Invalides eine 187,5 F. lange Kette auf, deren Ende ein auf einer Spitze balancirtes, und nach einer 556' entfernten Scale gerichtetes Fernrohr in Bewegung setzte, wobei er für 1° R. eine Aenderung der Scale von 3 F. wahrnahm. Auch Condamine[2] gehört zu denen, welche die frühesten roheren Versuche anstellten, und ist auſserdem der einzige, welcher die Methode einer Messung der Ausdehnung durch Pendelschwingungen in Anwendung brachte. Weil indeſs die Berechnung der Längen aus den Pendelschwingungen sehr groſsen Schwierigkeiten unterliegt, die Temperatur der gebrauchten Stangen für ihre ganze Länge schwer bestimmbar ist, und Condamine seine Versuche nur in geheitzten Zimmern, also innerhalb einer nicht bedeutenden Temperaturdifferenz anstellte; so ist nicht zu verwundern, daſs sie nicht sonderlich genaue Resultate gaben. Musschenbroek[3] erfand ein eigenes, nach ihm benanntes *Pyrometer*, bei welchem die zu messenden Metallstangen in einer mit Wasser gefüllten Cisterne an einem Ende befestigt werden, am andern aber vermittelst einer gezahnten Stange bei ihrer Erhitzung durch das Wasser der Cisterne ein Räderwerk mit einem Zeiger umtreiben. Hierdurch werden allerdings kleine Ausdehnungen bemerklich gemacht, und bedeutend vergröſsert, auch sind diese Instrumente unleugbar sehr empfindlich; allein da weder das eine Ende der Stange genügend festgemacht, noch auch das Schlottern des Räderwerks und der Einfluſs der Temperatur auf die Theile desselben weder vermieden, noch berechnet werden kann, so sind die durch Musschenbroek erhaltenen Resultate ungenügend, und seine

1 Mém. de l'Ac. 1745. p. 230.

2 Voyage à l'Equat. Int. hist. p. 164.

3 Tentamina exper. nat. capt. in Acad. del Cim. II. 12. Introd. ad Phil. nat. II. 610. ff. Cours de Phys. experim. et mathem. Leid. 1769. III. Vol. 4. II. 540.

Pyrometer können nur dazu dienen, die Ausdehnung der Metalle im Allgemeinen sichtbar zu machen[1]. Eben dieses gilt noch mehr von denjenigen Maschinen, welche Brisson[2] und Nollet[3] angegeben haben, bei denen selbst das Mafs der Temperatur wegfällt, indem die Stangen blofs durch untergesetzte Lampen erhitzt werden. Letzteres geben auch Desagüliers Zeichnungen an, welcher übrigens runde Stangen statt der kantigen vorschlägt, und statt Räder mit Getrieben grob gefeilte Rollen von ungleichen Durchmessern mit einem umgeschlungenen Faden vorschlägt[4]. Mit besserem Erfolge als Bouguer bediente sich Ellicot[5] eines Hebelwerks. Sein Apparat bestand aus zwei auf einem messingenen Lineale und einem dicken Mahagony-Brette aufrecht stehenden Pfeilern. Gegen den einen derselben wurde das eine Ende der zu prüfenden Stangen vermittelst einer starken Feder geprefst, am andern Ende der Stange war eine feine Kette befestigt, welche, um eine sehr kleine Rolle geschlungen, diese und den an ihr befestigten 2,5 Z. langen Hebel in Bewegung setzte. Am Hebel fortlaufend zog sich die Kette über einen Kreisbogen am Ende derselben, und von da wieder über eine kleine Rolle mit einem Zeiger, welcher auf einem getheilten Kreise die Verlängerung in Graden zeigte, deren jeder $\frac{1}{7200}$ e.Z. betrug. Der freie Spielraum war durch ein Gewicht an der Kette aufgehoben. Um die Stangen jederzeit auf die nämliche Temperatur zu bringen, legte er sie auf ein durch Lampen erhitztes eisernes Lineal, dessen Wärme durch seine Ausdehnung vermittelst eines ähnlichen Apparates, als der beschriebene, gemessen wurde. Hierdurch erhielt er die in der nächstfolgenden Tabelle enthaltenen, aus Musschenbroek[6] bekannten Verhältnifszahlen. Unter die besseren älteren Versuche gehören vorzüglich noch die durch Herbert

1 Biot Traité, I. 147.

2 Traité élém. ou Principes de Physique à Paris 1789. 3 Vol. 8. II. 243.

3 Leçons de Phys. IV. 353.

4 Cours de Phys. I. 471.

5 Phil. Trans. XXXIX. p. 297. Vergl. XLVII. 479.

6 Cours de Phys. I. 342.

angestellten[1]. Statt der Stangen wählte er Drähte, welche durch ein spannendes Gewicht über eine Rolle von 22 par. Lin. Durchmesser mit einem 10 Z. langen Zeiger gezogen waren. Die Länge des Drahtes betrug das Vierfache des Umkreises der Rolle, so daſs ein Grad der Eintheilung $360 + 4$ oder $\frac{1}{1440}$ des Ganzen gleich war, und da sich noch Viertelsgrade unterscheiden lieſsen, so gab die Theilung $\frac{1}{5760} = 0{,}000174$ des Ganzen an. Die Zange, welche den Anfang des Drahtes faſste, und das Lagerstück der Rolle waren an einem auf die Seitenkante gelegten Brette dergestalt herausragend befestigt, daſs Draht und Rolle in einen Trog mit Wasser getaucht werden konnten, welches durch eine Weingeistlampe erhitzt wurde, ohne das Brett zu benetzen. Die Temperatur maſs Herbert mit einem 80th. Quecksilberthermometer, und bewies überhaupt bei seinen Versuchen so viel Vorsicht, daſs sie unter die vorzüglichern gerechnet werden können, doch scheint er die Veränderung des hölzernen Brettes durch die anschlagenden Dämpfe, und die Ausdehnung der Rolle nicht berücksichtigt zu haben, und die für die Ausdehnung des Silbers gefundene Gröſse erklärt er selbst nicht für genau, weil der Draht nach dem Erkalten den Zeiger nicht wieder auf seinen ursprünglichen Stand zurückbrachte. Endlich mögen noch einige Versuche von Cassini[2] kurz erwähnt werden, welcher das Verhältniſs der Ausdehnung des Eisens zum Kupfer = 10 : 17 oder = 27 : 46 angiebt.

Die von den genannten Beobachtern gefundenen Ausdehnungen für Temperaturdifferenz von 100° C. als absolute Gröſsen angesehen, geben folgende, durch Musschenbroek bekannte tabellarische Uebersicht, worin die Ausdehnungen in Milliontheilen der Einheit ausgedrückt sind.

---

1 Dissertatio de Igne. Viennae 1773. 8.
2 Mém. de l'Ac. 1741 p. 489.

	Muschenbroek	Ellicot	Bouguer	Don Juan	Condamine	Herbert
Glas	—	—	780	600	—	860
Gold	—	730	940	—	—	—
Blei	1420	1550	1090	—	—	2620
Zinn	1410	—	—	—	—	2120
Silber . . .	—	1030	730	—	—	1890
Messing . . .	1010	950	—	2040	—	1720
Kupfer	800	890	—	1670	1740	1560
Stahl	770	560	—	1270	—	—
Eisen	730	600	550	920	1060	1070

J. Smeaton ist der erste, welcher die absolute Gröfse der Ausdehnung mit einem hohen Grade von Genauigkeit bestimmte [1]. Die Stangen, deren er sich bediente, waren an einem Ende fest, und bewegten mit dem andern die Mitte eines einarmigen, durch eine Feder angedrückten Hebels, wodurch die Gröfse der Ausdehnung doppelt wurde. Am oberen Ende dieses Hebels befand sich ein Schenkel, der Fühler (feeler) genannt, welcher in einem Gewinde auf- und abwärts beweglich war. Diesen liefs er durch sein eigenes Gewicht bis in eine fast wagerechte Lage fallen, und mafs dann, indem er ihn schwebend erhielt, die Verrückung des Hebels vermittelst einer gegen den Fühler zur genauen Berührung geschrobenen Mikrometerschraube, deren Windungen vorher gemessen waren. Bei solchen Mikrometerschrauben, deren sich nach Smeaton's Angabe schon Graham bediente, hängt der zu erreichende hohe Grad der Genauigkeit hauptsächlich ab, 1. von der Gleichförmigkeit der Schraubengänge, 2. von der Vermeidung des todten Ganges, 3. von der Genauigkeit der Berührung. Die erstere ist nur durch mühsame Operationen, hauptsächlich durch lange Schneidkloben und immer zunehmende Feinheit der Schraubengänge vollkommen erreichbar, die zweite durch geschlitzte Muttern, die letzte suchte Smeaton durch seinen Fühler zu erhalten, bei welchem das Anschlagen besser durch das Gehör als durch das Gefühl wahrgenommen wurde. Sehr vortheilhaft wandte Smeaton zugleich auch längere Stangen von 2 F. 4 Z. e. an, und da sein Apparat $\frac{1}{2345}$ Zoll angab, so konnte er eine Genauig-

1 Phil. Trans. XLVIII. p. 598.

keit von $\frac{1}{65660}$ = 0,00001523 des Ganzen erreichen. Die Stangen erwärmte er im Wasser, und da er keine Substanz wufste, welche durch Wärme nicht ausgedehnt würde, so zog er vor, die Normallänge selbst eben der Temperatur auszusetzen, als die zu prüfenden Stangen, und die Ausdehnung der ersteren in Rechnung zu bringen. Die Basis seines Apparates war daher eine Messingstange, welche zugleich mit in das Wasser des Troges gesenkt wurde, und deren Verlängerung als Normalgröfse er an einer geradfasrigen Stange trocknen Tannenholzes mafs, deren Enden zur Vermeidung des Einflusses der Feuchtigkeit und zur schärferen Messung mit Messing beschlagen waren, indem sie selbst stark überfirnifst und mit Werg umwunden war. Bei der Vergleichung derselben mit der messingnen Basis befand sich nur die letztere im Wasser, die hölzerne Stange aber, die nur für den Augenblick der Beobachtung eingelegt wurde, über dem Deckel des Troges. Dessenungeachtet wirkten die Wasserdämpfe augenblicklich auf dieselbe. Smeaton beobachtete daher vom Augenblicke des Einlegens an in genauen Zwischenräumen von 1 Minute die Grade seines Mikrometers, und fand, dafs die Verlängerung der hölzernen Stange im geometrischen Verhältnisse zunahm, woraus er ihre ursprüngliche Länge im Augenblicke des Einlegens berechnete. Vier Versuche, die nach gehöriger Reduction innerhalb eines Mikrometergrades übereinstimmten, mithin auf 0,00001 des Ganzen genau waren, gaben die Ausdehnung der messingnen Basis = 287,5 Mikrometertheile für 166° F. Die Menge der durch Smeaton angestellten Versuche, die Genauigkeit der Beobachtung, und der Scharfsinn, den er bei der Erfindung und Behandlung seines Instrumentes bewies, machen die durch ihn erhaltenen Resultate zu den schätzbarsten, welche wir über diesen Gegenstand besitzen. Sie finden sich in der unten mitgetheilten Tabelle.

Ferd. Berthoud hielt es zur Verfertigung vollkommen compensirender Pendel für wesentlich nothwendig, die Ausdehnung der verschiedenen Metalle genau zu kennen, und wollte diese durch eigene Versuche ausmitteln. Sein *Pyrometer* mit Räderwerk versehen, befand sich in einem Kasten, welcher vorne durch eine Glasthüre verschlossen war,

und von unten durch einen eisernen Ofen geheizt wurde. Die festen Puncte des Instrumentes waren an einem marmornen Pfeiler befestigt, welcher 5 F. Höhe, 1 F. Breite und 5 Z. Dicke hatte. Die Stangen hingen vertical, und trugen an ihrem unteren Ende eine Pendellinse, welche vermittelst eines Stiftes auf den Hebel des Pyrometers wirkte. Vor jedem Versuche wurde die zu prüfende Stange in zerstofsenem Eise hinlänglich erkältet, schnell eingehängt, und mit Hülfe des Ofens bis 27° R. erwärmt. Die Vergröfserung zeigte ein Weiser auf einem Halbkreise von 5 Z. Radius, der in 180 Grade getheilt war; den schädlichen Einflufs im ersten Eingreifen hatte Berthoud durch Anwendung eines Hebels vermieden, und das Schlottern des Räderwerks durch ein spannendes Gewicht aufgehoben. Die Länge des Hebels wurde dahin berichtigt, dafs der Weiser für 0,5 Lin. Verlängerung 180 Grade durchlief, und da die Grade noch etwa eine Linie grofs waren, so wäre es leicht gewesen, noch ihre Hälfte zu bemerken; er giebt jedoch seine Beobachtungen nur in 360 Theilen einer Linie an. Die Länge seiner Stangen betrug 461 Lin.; die Genauigkeit ist also $= \frac{1}{165960} = 0{,}000006$ des Ganzen. Aller angewandten Sorgfalt ungeachtet sind indefs seine Angaben etwa $\frac{1}{9}$ zu grofs, welches wahrscheinlich der unsichern thermometrischen Bestimmung zuzuschreiben ist, die entweder in einem Fehler des Thermometers selbst, in der verticalen Richtung der Stangen oder in ihrer gröfseren Anziehung zur Wärme, als dem Thermometer beizumessen ist, ihren Grund haben mag, wobei durch den Schlufs vom Kleinen auf das Grofse der Fehler noch auffallender wurde. Bei den Ausdehnungen von Zinn und Blei übersteigt der Fehler $\frac{1}{9}$, wahrscheinlich weil diese weicheren Metalle durch die Wirkung der Schwere noch besonders verlängert wurden [1].

de Lüc [2] wünschte für seine Hygrometer eine Scale zu haben, die der Ausdehnung durch Wärme nicht unterläge, und glaubte dieses durch eine Compensation von Glas und Messing zu erhalten, deren Ausdehnung er daher aufs Neue

1 Horner handschr. Mittheil.

2 Phil. Trans. LXVIII. P. I. p. 419. J. de Ph. XVIII. 363.

zu untersuchen beschlofs, weil ihm die Apparate und Methoden früherer Forscher *nicht* genügten, und sich dabei der von Ramsden damals erfundenen mikroskopischen Mikrometer zu bedienen. Er befestigte daher an dem unteren Ende einer Glasröhre *einen* dünnen Messingstreifen, welcher längs der Röhre in die *Höhe ging*, und durch eine Schnur angezogen wurde. *Das* Mikroskop, mit einem festen Faden zwischen den *Ocularen*, war horizontal gegen das obere Ende des *Messingstreifens* gerichtet, welcher dort eine *feine Eintheilung* hatte. Wurden dann die Barometerröhre *und* der *Messingstreifen* in einem mit Wasser gefüllten gläsernen Cylinder gleichmäfsig erwärmt, so mufste der obere Endpunct des Messingstreifens in dem Mafse aufwärts rücken, als die Ausdehnung des Messings die des Glases übertrifft. Letzteres Verhältnifs fand er innerhalb der Temperaturen von 10° bis 40° R. = 21 : 10. Zur Auffindung der absoluten Ausdehnung versah er das Mikroskop mit einem beweglichen Faden und einer Mikrometerschraube, bestimmte den *Werth eines Schraubenumganges vermittelst der* Theilung auf dem Messingstreifen, und schätzte die Genauigkeit der hiermit gemachten Beobachtung auf $\frac{1}{7000}$ eines franz. Zolles. So fand er die Ausdehnung des Glases genau wie Smeaton.

Eine ungleich vollkommnere Anwendung des Mikroskopes machte Ramsden selbst 1784 zur Bestimmung der Ausdehnung der zur Basismessung auf Hunslowheath bestimmten gläsernen Stangen und stählernen Mefsketten, wobei Räder und Hebelwerk weggelassen wurden, und die Normalstange unverändert blieb. Zwei Prismen von Gufseisen, etwa 5 F. lang, 1,5 Z. dick, lagen 26 Z. von einander parallel in zwei mit zerstofsenem Eise gefüllten Trögen. Zwischen ihnen befand sich in der nämlichen Richtung die zu prüfende Stange auf einem Rost in einem kupfernen Troge, in welchem Wasser durch Weingeistlampen zum Kochen gebracht wurde. An den Enden dieser drei Stangen gingen Winkelstücke aufwärts, an welchen die Theile zweier Mikroskope sich befanden, obwohl ohne directe Verbindung, nämlich das eine eiserne Prisma trug ein doppeltes Ocular mit einem beweglichen Mikrometerfaden, das andere eine Marke von

Kreuzfäden, deren Bild in den Brennpunct des Ocular traf; die zu prüfende Stange aber trug das Objectiv des Mikroskops. Diese drei Theile waren von einander unabhängig, indem die Röhren der 20 Z. langen Mikroskope quer durchschnitten waren. Vermittelst einer fein und genau getheilten Scale wurde der Werth eines Schraubenganges am Mikrometer = 0,014 e. Z. gefunden. Ein Hunderttheil eines Zolles Bewegung der Objectivlinse durch die Veränderung der zu prüfenden Stange betrug 3,206 Umdrehungen der Mikrometerschraube, und da eine Umdrehung des Mikrometers 0,00312 e. Z. oder 0,00293 fr. Z., ein Hunderttheil also 0,0000293 Z. betrug, so gab dieses für die Länge der gröfstentheils 5 e. F. langen Stangen einen 60 mal kleineren Raum, oder 5 Millionth. des Ganzen. Jedes der Mikroskope erforderte einen eigenen Beobachter, deren einer durch eine sanfte Bewegung den Anfangspunct der Stange in seiner Lage erhielt, während der andere mit dem mikrometrischen Mikroskope die Verlängerung mafs. Aufserdem mufste noch ein Gehülfe den Rost, auf welchem die zu prüfende Stange lag, weil er durch die Wärme sich etwas einbog, vermittelst einer die Mitte unterstützenden Schraube so viel heben, als die an den Enden befindlichen Niveau's anzeigten, um dadurch die Objectivträger an den Enden der Stange genau in ihrer verticalen Lage zu erhalten. Leider wurde mit diesem trefflichen Apparate *nur* die Ausdehnung der zur Basismessung bestimmten Substanzen untersucht [1].

Unter die wichtigsten und gehaltreichsten Versuche über die Ausdehnung der festen Körper gehören die von Lavoisier und Laplace angestellten, welche, durch die Revolution übersehen, von Biot aus den Originalpapieren bekannt gemacht sind [2]. Der Apparat, dessen sie sich bedienten, gab die Vergröfserung der kleinen Ausdehnungen durch ein nach einer entfernten Theilung gerichtetes Fernrohr. MM′, NN′ sind zwei Prismata aus gehauenen Steinen, doppelt so hoch als breit, welche 6 F. tief in die Erde auf festem Boden eingemauert waren, und ohngefähr 3 F. Zwi- Fig. 96.

1 Roy in Phil. Tr. 1785. p. 461. Thomson Syst. de Chim. I. 84.

2 Traité de Phys. I. 116. Schweig. J. XXV. 355.

schenraum liefsen. *RS* ist ein aus Ziegelsteinen erbauter Ofen zum Erwärmen des Wassers in der Wanne GH; oo′ ist ein Fernrohr, 6 F. lang und im Schwerpuncte so genau mit einem sehr geringen Uebergewichte in o′ balancirt, dafs der leiseste Druck des Hebels L′ hinreicht, dasselbe zu bewegen. Ein getheilter Mafsstab in einem Abstande von 100 Toisen gab 744fache Vergröfserung der gemessenen Ausdehnung, welche zwar durch eine Entfernung desselben auf 200 Toisen hätte verdoppelt werden können, aber mit Aufopferung der Deutlichkeit. Die zu messenden Stangen wurden an gläsernen Trägern fg unten mit Rollen gg versehen so aufgehangen, dafs die leichte Beweglichkeit der Rollen ihrer Ausdehnung und Zusammenziehung kein mefsbares Hindernifs entgegensetzte. Ein mit den Trägern MM′ durch eine starke eiserne Querstange TT fest verbundener gläserner Stab FF diente dem zu messenden Stabe BB an dem einen Ende zum festen Stützpuncte, während das andere mit einem ähnlichen gläsernen Stabe CL in unmittelbarer Berührung war. Letzterer wurde durch die, in ihren Charnieren leicht bewegliche Stange DE getragen, welche bei der Verlängerung der Stange BB′ den Hebel L′, und somit das Fernrohr hob. Die Kenntnifs der Länge der Hebelarme und der Entfernung der getheilten Scale giebt die Mittel zur Berechnung der Ausdehnung. Um jede Verrückung zu vermeiden, wurden endlich die Stangen BB an die gläsernen Stäbe FF und CL vermittelst eines feinen Kupferdrahtes festgebunden. Die Heizung des Ofens BS würde bald zu beschwerlich und zu mühsam befunden, und daher vorgezogen, aus einem benachbarten Kessel die Wanne GH mit Wasser von verschiedenen Temperaturen zu füllen. Alle vermittelst dieses Apparates untersuchten Körper kamen nach der Erhitzung und Abkühlung genau wieder auf ihre vorige Länge zurück, und ihre Ausdehnung war den Graden des Quecksilberthermometers direct proportional. Hiervon machte der gehärtete Stahl eine Ausnahme, welcher sich auch nach Smeaton und Berthoud stärker ausdehnt, als ungehärteter, und wenn er in kaltem Wasser gehärtet ist, so verliert er wahrscheinlich bei einer Temperatur von 65° R. seine Härtung, und nimmt dann die geringere Ausdehnung

des nicht gehärteten an. Aufserdem zeigten auch die verschiedenen Arten von Glas und Eisen eine sehr ungleiche Ausdehnung.

Unter den weniger umfassenden Versuchen verdienen insbesondere diejenigen genannt zu werden, welche Guyton de Morveau [1] anstellte, als er 1803 die Prüfung des Wedgwoodschen Pyrometers unternahm. Seine unveränderliche Basis bestand aus einem Stücke gut gebrannten reinen Thones. In diesem war eine Rinne, welche an einem Ende verschlossen und bestimmt war, die Stangen, deren Verlängerung er messen wollte, aufzunehmen. Am andern Ende befand sich ein Winkelhebel, dessen kürzerer Schenkel das Ende der Stange berührte, während der längere auf einem Kreisbogen die Verlängerung angab. Hebelwerk, Weiser und Gradbogen waren von Platin, der eingelegte Metallstreifen war 20 Lin. [2] lang, 2,2 Lin. breit, 1 Lin. dick. Der kürzere Hebelarm mafs 1,1; der längere 22,2; wonach die Vergröfserung das Zwanzigfache betrug. Ein Vernier am Weiser liefs 0,1 Grad des in 400° getheilten Kreises oder 0,0017 Lin., d. h. etwa $\frac{1}{13000}$ = 0,000077 des Ganzen erkennen. Auf das Ende des Weisers drückte eine Feder von Platin, um das Verrücken desselben durch zufälligen Stofs zu verhindern. Man sieht bald, dafs dieser einfache und treffliche Apparat seinem Zwecke in einem sehr hohen Grade angemessen war.

Versuche über die Ausdehnung einiger Metalle hat auch Troughton bei Gelegenheit der Verificirung der englischen Normalmafse angestellt [3]. Tralles giebt eine sehr sinnreiche, zugleich aber grofse Fertigkeit im Experimentiren und manche Correctionen erfordernde Methode an, die Ausdehnung der festen und auch der flüssigen Körper zu finden [4], indefs ist dieselbe nicht in einem solchen Grade praktisch anwendbar, dafs es der Mühe lohnte, sie hier in der

1 Ann. de Chim. XLVI. 276. Mém. de l'Inst. 1808.

2 Nach Ann. de Chim. 45^{mm}, nach Mém. de l'Inst. 50^{mm}.

3 Thomson Système de Chim. I. 84. Ann. de Chim. et de Phys. I. 105.

4 G. XXVII. 241.

erforderlichen Ausführlichkeit mitzutheilen. Sie ist im Allgemeinen darauf gebaut, dafs die Ausdehnungen der Voluminum verschiedener Körper sich finden lassen, wenn man sie bei ungleichen Temperaturen in Flüssigkeiten hydrostatisch abwiegt. Die Angaben desselben über die Ausdehnung des Eisens, Messings und Platin's sind in der am Ende angehängten Tabelle enthalten[1]. Eben daselbst sind auch die sehr genauen Messungen aufgenommen, welche DE BORDA bei der Gelegenheit der Regulirung des französischen Mafssystem's und seiner Vergleichung mit dem englischen durch mikrometrische Messungen erhielt[2]. Auf den Werth einer vorzüglichen Genauigkeit können ferner diejenigen Versuche Anspruch machen, wodurch AUGUSTIN die Ausdehnung der bei den neuesten österreichischen Messungen gebrauchten eisernen Mefsstangen bestimmte[3], und welche um so mehr beachtet zu werden verdienen, als aus ihnen die ungleiche Ausdehnung der verschiedenen Sorten des Eisens hervorgeht, so dafs es daher für geographische Basis - Messungen von höchster Genauigkeit nicht überflüssig scheint, aller früheren Versuche ungeachtet die zu gebrauchenden Stangen eigens zu prüfen. Der zu der genannten Untersuchung gebrauchte, sehr zweckmäfsige Apparat bestand aus zwei in eine Mauer eingekitteten Steinen, deren einer eine unverrückbare Widerlage trug, um die Stangen dagegen zu stemmen, der andere eine sehr feine Theilung auf Silber. Die Stangen ruheten in einer Rinne von Eisenblech auf metallenen Böcken, und hatten an einem Ende eine sehr feine Theilung, welche mit der silbernen Scale des einen Steines zusammengebracht, durch ein Mikroscop die Ausdehnung bis auf 0,00001 der Klafter zeigte, so dafs noch leicht $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ dieser Gröfse geschätzt werden konnte. Die Rinne wurde dann mit zerstofsenem Eise gefüllt, und nachdem dieses geschmolzen war, das Wasser in derselben allmälig durch

1 Bericht üb. d. Festsetzung d. Grundeinheiten d. von d. franz. Rep. angenommenen metr. Systems. Bern 1801.

2 Mém. de l'Inst. II. Ann. de Chim. XX. 189. Young's Lectures II. 149 u. a. a. O.

3 Mon. Cor. XXV. 61.

Lampen erhitzt, um die Länge der vier Stangen beim Schmelzpuncte des Eises und bei höheren Temperaturen von 10 zu 10 Graden zu messen. Ein Versuch, durch welchen Schwerd[1] die Ausdehnung einer von ihm gebrauchten eisernen Maſsstange prüfte, kann insbesondere wegen der geschickten Manipulation des Experimentators gleichfalls auf groſse Genauigkeit Anspruch machen. Endlich verdienen auch die sehr genauen Versuche erwähnt zu werden, wodurch Placidus Heinrich[2] die Ausdehnung des Eises innerhalb einer Temperaturdifferenz von 10° R. = 0,003064 fand, mithin stärker, als bei irgend einem festen Körper. Die Ausdehnung der Holzkohlen zu finden war der groſsen Schwierigkeiten wegen fast unmöglich, und es wird daher die beobachtete Gröſse nur für einen genäherten Werth ausgegeben.

Ehe wir zu den neuesten Versuchen über diesen Gegenstand übergehen, ist insbesondere noch folgende Untersuchung anzustellen. Alle bisher genannten Physiker nehmen an, daſs die Ausdehnung der festen Körper innerhalb der beiden festen Puncte des Thermometers gleichförmig sey. Nach theoretischen Gründen ist zwar nicht zu bezweifeln, daſs die Gleichförmigkeit der Ausdehnung dann aufhört, wenn die Körper einer Veränderung ihres Aggregatzustandes nahe kommen, und aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, oder schmelzen. Indem aber die untersuchten Substanzen beim Siedepuncte des Wassers noch weit von diesem Puncte abstehen, so ist eine Ungleichheit der Ausdehnung vom Gefrierpuncte bis zu dieser Temperatur durchaus unwahrscheinlich. Indeſs behauptet de Lüc eine solche Ungleichheit der Ausdehnung beim Glase wahrgenommen zu haben, indem er von 70° R. bis 0° die Zusammenziehungen desselben im Verhältnisse von 31, 29, 26, 24, 22, 19 gefunden haben will. Diese Differenzen sind zwar so unbedeutend, daſs sie nach Fischer[3] innerhalb

1 Die kleine Speyerer Basis. Speyer 1822. 4. p. 17.

2 Schriften d. Kön. Bayerschen Acad. d. Wiss. 1806. 2te Abth. p. 149. G. XXVI. 228.

3 Berlin. Denksch. 1816 u. 17. p. 80.

der Fehlergrenze der Beobachtungen fallen, und daher aus ihnen keine Correction der Thermometergrade hergenommen werden kann. Indefs will auch Hällström[1] eine solche Ungleichheit beobachtet haben, und er entwickelt daher eine Formel, wonach die Länge des Glases beim Gefrierpuncte $= 1$ gesetzt, bei n Graden der Temperatur nach C. =

$$= 1 + 0{,}0000052\, n + 0{,}000000032\, n^2$$

seyn soll. Eben dieser Gelehrte untersuchte auch die Ausdehnung des Eisens[2], und fand hierbei gleichfalls jene Ungleichförmigkeit der Ausdehnung, wonach er also für diese Substanz die Formel

$$y = 1 + 0{,}00000994\, n + 0{,}000000024\, n^2 + 0{,}0000000002\, n^3$$

aufstellt. Der letzteren Behauptung steht insbesondere die grofse Genauigkeit so vieler Versuche entgegen, namentlich der von Augustin angestellten, in denen keine Spur einer solchen Ungleichförmigkeit zum Vorschein kam. Die erstere Behauptung, auf zwei bedeutenden Autoritäten beruhend, wurde aber dadurch noch wichtiger, dafs Dalton[3] zur Unterstützung seiner Hypothese über den Gang des Quecksilberthermometers annahm, das dünne Glas der Thermometer-Kugeln und Cylinder dehne sich nicht blofs ungleich, sondern auch bedeutend stärker aus, als dicke Stücke. Hiergegen streitet zwar sehr auffallend der gleichförmige Gang zahlloser Thermometer, bei denen unmöglich die Glasesdicke der Kugeln oder Cylinder ganz gleich seyn kann; indefs ist die Sache doch bei einem so höchst unentbehrlichen Apparate von solcher Wichtigkeit, dafs es sich allerdings der Mühe belohnte, sie einer neuen und genauen Prüfung zu unterwerfen.

Horner[4] übernahm dieses schwierige, aber verdienstliche Geschäft. Der einfachste Weg wäre gewesen, zwei Thermometer von gleichem Inhalte und sehr ungleicher Glasesdicke der Kugeln zu verfertigen, und durch die Verglei-

---

1 Diss. de dilatatione vitri a calorico. Aboae. 1781. G. XXXVI. 60.

2 Kongl. Swenska Vet. Acad. Nya Handl. 1805. p. 253. G. XXXVI. 52.

3 Chem. Phil. I. 23 u. 38.

4 Handschriftliche Mittheilung.

chung ihres Ganges die Behauptung directe zu prüfen. Wirklich that Horner dieses; allein weil die Thermometer zufällig verunglückten, wählte er die pyrometrische Prüfung, um so mehr, als bei allen früheren nie dünnes Glas genommen war, und gelegentlich auch die übrigen verschiedenen Angaben über die Ausdehnung der festen Körper abermals geprüft werden konnten. Der einfache hierzu gebrauchte Apparat war auf folgende Weise construirt. FF′ ist ein Flintenlauf von 10,5 Z. Länge, welcher an dem eisernen Pfosten O durch die Klammer rs festgehalten wird. Der Pfosten O ist auf ein starkes Brett geschraubt, und trägt das Pyrometer unabhängig von den Trögen MM′; NN′, die durch dünne eiserne Bügel unterstützt sind. Von der Normalstange FF′ aus gehen winkelrecht die Arme C, D und E. Am ersteren ist das Stück G befestigt, welches die zu prüfende Stange AB zwischen zwei *Spitzen* einklemmt, und ihren Anfangspunct bestimmt. Von D geht ein Träger in Gestalt eines Steigbügels herunter, bestimmt, die Stange an ihrem andern Ende zu unterstützen. Der dritte Arm E enthält das Mikrometer. Die Mikrometer*schraube* KK′, von Repsold in Hamburg verfertigt, und 128 Gänge auf 1 Z. haltend, geht durch eine, zwischen zwei Spitzen bewegliche Axe mn. Am Ende der zu prüfenden Stange ist mit 3 Schrauben das aufrechte Stück H befestigt, welches ein kurzes massives Stück Glas I trägt, um die Schraube von der Hitze des Wassers entfernt zu halten. An der etwas breiten und plangeschliffenen Vorderfläche des Glasstückes I kann vermittelst des Fadens P die Spitze der Mikrometerschraube um die Axe mn gedrehet vorbeigeführt werden. Die Elasticität der Theile gestattet ein Anstreifen, selbst wenn die Schraube etwas zu weit vorgeschraubt ist. Ob aber das Minimum der Berührung, oder gar keine statt findet, wird durch den eben noch hörbaren Ton des Wetzens der Schraube am Glase erkannt, weswegen aber zur Beobachtung gänzliche Stille erfordert wird, so daſs sie zwischen 63° R. und dem Siedepuncte des Wassers wegen des Brausens unstatthaft sind. Der Trog MM′ bleibt fortwährend mit zerstoſsenem Eise oder Schnee gefüllt, von welchem ein Theil durch die Wärmeleitung der Arme C und D allmälig

Fig. 97. und Fig. 98. Fig. 99. Fig. 100.

schmelzt und wieder ersetzt werden muſs, im Troge NN' dagegen wird das Wasser durch drei untergesetzte Weingeistlampen L erwärmt. Ein zwischen beide Tröge gestelltes Stück Weiſsblech schützt den Trog MM' gegen die Hitze der Weingeistlampen und des Wassers.

Mit diesem Apparate wurden die Ausdehnungen der Körper von 10 zu 10 Grad R. beobachtet, welches früheren Experimentatoren mit Ramsdenschen Mikrometern zu mühsam gewesen war [1]. Zur genauen Bestimmung der Temperatur wurden drei übereinstimmende Thermometer angewandt, deren Cylinder unten in einen rechten Winkel gebogen, und an die zu prüfenden Stangen an beiden Enden und in der Mitte mit feinem Drahte festgebunden waren; die Scalen, auf Papier gezeichnet, welches mit etwas Kleister auf die Röhren geklebt und mit Leinöl getränkt war, verstatteten sehr genaue Beobachtungen ohne parallaktische Fehler, auch wurde das Wasser im Troge durch abwechselndes Annähern und Entfernen der Lampen etwa eine Viertelstunde hindurch in gleicher Temperatur erhalten, aus mehreren Beobachtungen einen halben Grad über und unter der Normaltemperatur das Mittel genommen, und beim Siedepuncte wegen des Barometerstandes corrigirt. Durch genaue Prüfung ergab sich eine Umdrehung der Mikrometerschraube = 0,007827, und also 1 Grad des hundertheiligen Mikrometers = 0,0000783, wovon Zehntel notirt wurden, indeſs die Genauigkeit sich nur bis 0,3 verbürgen lieſs. Ohngeachtet der hierin dargelegten groſsen Genauigkeit des Apparates und der bekannten feinen Gewandtheit des Experimentators entscheiden dennoch diese Versuche nicht vollständig die Frage wegen der zunehmenden Ausdehnung, machen es indeſs wahrscheinlich, daſs dieselbe, in höheren Temperaturen nach Dülong und Petit allerdings statt findend, bei den meisten Körpern schon unter dem Siedepuncte merkbar wird, ohne jedoch bei den gewöhnlichen Beobachtungen einen meſsbaren Einfluſs zu äuſsern. Namentlich gaben

1 Phil. Tr. LXXV. 473.

Kupferner Cylinder 9,99 Z. lang; 0,46 Z. breit		Zinkstange 9,9 Z. lang; 0,49 Z. dick.	
Tempera-turen	Ausdehnung für 10° R.	Tempera-turen	Ausdehnung für 10° R.
von 0° - 10°	— 0,000206	0° - 20°	— 0,000348
10 - 20	— . . . 219	20 - 40	— . . . 356
20 - 30	— . . . 207	40 - 60	— . . . 373
30 - 40	— . . . 212	60 - 80	— . . . 400
40 - 50	— . . . 220	80 - 60	— . . . 387
50 - 60	— . . . 220	60 - 40	— . . . 371
60 - 50	— . . . 217	40 - 20	— . . . 369
50 - 40	— . . . 216	20 - 0	— . . . 358
40 - 20	— . . . 209		
20 - 0	— . . . 210		

Die folgende Tabelle enthält die Ausdehnung derjenigen Körper, welche für die, zwischen den festen Puncten des Thermometers liegenden Grade untersucht sind, u. z. die obere Reihe die bei zunehmender Temperatur gefundenen Ausdehnungen, die untere die bei abnehmender beobachteten, für eine Temperaturdifferenz von 10 Graden R. in Milliontheilen der *ganzen Länge*. Die zwischen den Columnen in der Mitte stehenden Zahlen sind diejenigen, welche aus Beobachtungen von 20 Graden Temperaturdifferenz auf 10 Grade reducirt sind.

	0°-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80°
Solide Glasstange paris Glas	116	114	117	114	119		119
	117		112		114		118
0,2 Lin. dicke Glasröhre paris.	116		111		114		
	117	111	110	122	111	110	
Stahl (engl. Huntsman) weich	132	138	132	137	134		
				136	134		
Stahl (Fischer's von Schafhaus.) weich	138		137		144		
	137		134		144		
Stahl (Steyerischer) weich	155	155	149	151	162		160
	153		150		160	165	159
Eisen	150	151	151		160		
	150		151		159		
Kupfer	206	219	207	212	220	220	
	210		209		217	216	

	0°-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80°
Messing	234		245	234	243	241	238
	233	240	238	233	241		238
Zinn	261		263	263	263		
	260	262	260	262			
Blei	367		372	374			
	366	357			361		
Zink. a.	340		346		368		390
	358		370		360		379
Zink. b.	349	358	354	363	404	401	
	362	346	358	361	361	363	

Aus diesen Versuchen ergiebt *sich* sehr augenfällig, dafs die von de Lüc beobachtete wachsende Ausdehnung des Glases innerhalb der beiden festen Puncte des Thermometers durchaus *unbegründet ist.* Horner *macht es auch sehr wahrscheinlich*, dafs und wie aus jener Art der Beobachtung ein solcher Fehlschlufs entstehen mufste; nämlich indem de Lüc das Wasser bis 70° R. erhitzte, und dann erkalten liefs, so konnte die nicht allzudicke Glasröhre dem Erkalten des Wassers eher folgen, *als das in der Mitte befindliche* Thermometer, und die Zusammenziehungen mufsten daher in den höheren *Graden am beträchtlichsten seyn,* wo diese Differenz wegen der schnelleren Temperaturverminderung am gröfsten war. Weniger stehen die Resultate den durch Hällström erhaltenen entgegen, wonach auch beim Eisen eine zunehmende Ausdehnung statt finden soll; allein theils sind die von dem schwedischen Physiker gefundenen Gröfsen der Zunahme auf allen Fall zu grofs, theils liegt gerade beim Eisen der Schmelzpunct so hoch, dafs eine wachsende Ausdehnung innerhalb verhältnifsmäfsig so enger Grenzen der Temperaturdifferenz, nämlich von 100° C. im höchsten Grade unwahrscheinlich wird. Berücksichtigt man aber die Unvollkommenheit des von Hällström gebrauchten Apparates, bei welchem unter andern der Einflufs der Wasserdämpfe auf die hölzerne Stange weder vermieden noch in Rechnung gebracht wurde, und vergleicht dagegen die grofse Genauigkeit der durch Augustin angestellten Messungen, bei denen keine Zunahme der Ausdehnung beim Eisen wahrgenommen wurde; so kann man mit vollem Rechte dieselbe bei diesem Metalle innerhalb

der festen Puncte des Thermometers für gleichförmig ansehen. Am ersten läſst sich noch eine wachsende Zunahme der Ausdehnung beim Zink annehmen, dessen Schmelzpunct ungleich niedriger, als der des Eisens liegt, und welches sich überhaupt vorzüglich stark ausdehnt. Indeſs ist auch hierbei die Zunahme nicht so bedeutend, daſs sie auf die Compensation bei Uhrpendeln einen Einfluſs äuſsern könnte. Insbesondere aber ergiebt sich aus den mitgetheilten Versuchen, daſs die Ausdehnung des dünnen Glases nicht stärker als des dicken ist, und keineswegs mit der Temperatur zunehmend, so daſs also dasjenige, was Dalton[1] zur Unterstützung seiner Theorie des Thermometers hieraus hernimmt, ganz ohne Grund ist. Daſs übrigens die Ausdehnung der verschiedenen Glassorten, und zwar nicht bloſs in Beziehung auf Flintglas und Crownglas, sondern auch bei gleichartigen Glassorten um einige Milliontheile verschieden ist, haben auſser Horner und Lavoisier schon andere Beobachter gefunden. Ganz neuerdings hat Hällström abermals die Ausdehnung des Glases mit seinem früher gebrauchten Apparate gemessen, und dieselbe nicht nur mit der Wärme bedeutend zunehmend, sondern diese Zunahme auch durch kleine Differenzen der Temperatur so viel kleiner, durch groſse so viel gröſser gefunden, als alle übrigen Beobachter, daſs man die übereinstimmenden Resultate der letzteren unmöglich den seinigen nachsetzen kann, vielmehr diese für fehlerhaft halten muſs[2].

Daſs übrigens eine zunehmende Ausdehnung ohne Zweifel aller Körper in den weit über 100° C. hinausgehenden Temperaturen statt finde, ist hinlänglich erwiesen durch die neuesten Versuche, welche Dulong und Petit mit der gröſsten Sorgfalt angestellt haben[3]. Nachdem sie vorher die den verschiedenen Temperaturen zugehörige Ausdehnung des Quecksilbers vorzüglich genau bestimmt hatten, füllten sie

---

1 Chem. Phil. I. 40.

2 G. LXXVII. 159. Durch folgende Formel soll die Länge des Glases für t Grade des C. Thermometers gegeben werden. $G = 1 + 0{,}0000196t + 0{,}0000000105t^2$.

3 Annales de Chim. et de Phys. VII. 138. G. LVIII. 264.

eine Glasröhre mit diesem Metalle, entfernten Luft und Feuchtigkeit durch Auskochen desselben, erhitzten den bei 0° ganz gefüllten, in ein feines Haarröhrchen endigenden Apparat bis nahe an den Siedepunct des Quecksilbers, und bestimmten aus der Menge des auslaufenden Metalles bei der bekannten Ausdehnung dieses letzteren die unbekannte des Glases. Auf diese Weise fanden sie die Längen-Ausdehnung des Glases für 1° C. für die Temperatur von 0°—100° = 0,000008613; von 100°—200° = 0,000009839; von 200°—300° = 0,000010857. Die Beobachtungen sind nicht zahlreich genug, um einen allgemeinen Ausdruck für die Ausdehnung dieses Körpers zu finden. Ob die Ausdehnung des Glases sich mit der Zeit ändere, wie Crichton[1] behauptet, aber nicht wahrscheinlich ist, verdiente näher untersucht zu werden. Durch ein ähnliches Verfahren, indem sie nämlich Stangen in ein Gefäſs mit Quecksilber setzten, fanden sie die Ausdehnung für 1° C.

des Eisens von 0°—100° = 0,000012666 bei 300° = 0,000015735

des Kupfers von 0°—100° = 0,000018411 bei 300° = 0,000020180

des Platin von 0°—100° = 0,000009474 bei 300° = 0,000009839

welche Gröſsen die von Lavoisier und Laplace gefundenen sämmtlich um eine Kleinigkeit übertreffen. Ueber die Ausdehnung der Metalle in noch höheren Graden haben wir fast gar keine Versuche, was aus der Schwierigkeit derselben leicht erklärlich ist. Indeſs will Rinmann[2] für die Temperaturdifferenz von 0° C. bis zur Weiſsglühhitze die Ausdehnung bei Stahl = 0,0285650; bei Schmiedeisen = 0,0125000; bei Guſseisen = 0,0214250 gefunden haben. Zu allen hier mitgetheilten, in der unten angehängten Tabelle zusammengestellten Gröſsen der Ausdehnung der verschiedenen festen Körper läſst sich noch hinzusetzen, daſs das Palladium nach Wollaston[3] sich zwischen den fe-

---

1 Ann. of Phil. 1824. Apr. p. 244.

2 Thomson System d. Chem. übers. v. Wolf. Berl. 1805. I. 454.

3 Thomson Système de Chim. I. 84.

sten Puncten des Thermometers um 0,001000 der Einheit ausdehnen soll.

In den meisten Fällen kann die Temperatur der Körper, deren Ausdehnung man zur Correction der gemachten Messungen berechnen will, hinlänglich genau gefunden werden. Namentlich in denjenigen Fällen aber, wo die genaue Kenntniſs der linearen Ausdehnung am meisten berücksichtigt werden muſs, nämlich bei den Meſsstangen für höhere geodätische Operationen, ist die Bestimmung derselben schwer, theils wegen der Länge solcher Stangen, theils wegen der ungewissen Mittheilung der Wärme durch die Luft, und endlich weil eine partielle Berührung derselben mit der Hand oder eine Annäherung des Beobachters ganz unvermeidlich ist. Borda[1] hat daher ein sinnreiches Mittel aufgefunden, um sowohl die Temperatur als auch die Ausdehnung zu finden. Zu diesem Ende schrob er auf die Meſsstange von Platin eine andere etwas kürzere von Kupfer ganz fest; das freie Ende der ersteren war in Milliontheilchen ihrer ganzen Länge, und das darauf liegende der letzteren so getheilt, daſs diese Theile als Nonius der ersteren dienten. Durch die ungleiche Ausdehnung beider Metalle müssen diese Theilungen sich über einander hinschieben, und bei der bekannten Ausdehnung jedes einzelnen läſst sich durch ihren Unterschied die Temperatur und somit auch die dieser zugehörige Ausdehnung finden, wobei die kleinen Theilstriche mit einer Loupe abgelesen werden. Sind nämlich L und l die Längen der Stangen von Platin und Kupfer, D und d ihre linearen Ausdehnungen, für 1° C.; L′ und l′ aber ihre Längen bei einer Temperatur = t; so ist $L' = L(1 + Dt)$ und $l' = l(1 + dt)$. also $L - l - (L' - l') = t(ld - LD)$ wovon der erste Theil die Veränderung des Unterschiedes beider Stangen, oder denjenigen Theil bezeichnet, um welchen der Nonius der Kupferstange auf der Theilung der Platinstange weiter gerückt ist. Beträgt dieser n Theile bei t°, und ist die absolute Länge eines Theiles = δ, so ist $L - l - (L' - l') = n\delta$; also $n\delta = t(ld - LD)$. Wenn hierin n genau abgelesen, d und D oder nur die Differenz $(ld - LD)$ ge-

1 Biot Traité. I. 164.

nau bekannt ist, so bleibt t die einzige unbekannte Gröfse, welche durch zwei genaue Messungen bestimmt werden kann. Hätte man also bei der Siedehitze N Theile abgelesen, so wäre $N\delta = 100^\circ(ld - LD)$ woraus $\frac{N\delta}{100^\circ} = (ld - LD)$. Diesen Werth in die Formel $n\delta = t(ld - LD)$ substituirt, giebt $t = \frac{n}{N} 100^\circ$. Es bedarf hierbei indefs nicht gerade einer Messung bei 0° oder bei 100°, sondern die Messungen können bei jeder Temperatur gemacht, und hieraus die zur Bestimmung von t erforderlichen Gröfsen n und N gefunden werden. Denn wenn diese letzteren unbekannt sind, die Beobachtungen aber bei den Temperaturen t' und t'' angestellt werden; so ist $t' = \frac{n}{N} 100^\circ$, $t'' = \frac{(n + n')}{N} 100^\circ$, woraus $n = \frac{n' t'}{t'' - t'}$ und $N = \frac{n'}{t'' - t'} 100^\circ$ gefunden wird.

Dafs man übrigens diese Methode auch anwenden könne, um aus der bekannten Ausdehnung der einen Stange die der andern zu finden, fällt leicht in die Augen. Ist nämlich in der obigen Formel $n\delta = t(ld - LD)$ alles übrige bekannt, aufser d oder D, so kann jede einzelne dieser beiden Gröfsen leicht gefunden werden.

Wenn die lineare Ausdehnung eines festen Körpers diesen als Einheit genommen, in Theilen desselben ausgedrückt $= k$ für 1 Grad irgend einer Thermometerscale ist, und man will die Länge desselben bei irgend einer um t Grade des nämlichen Thermometers höheren Temperatur $= L'$ auf die Länge desselben bei einer niedrigern Temperatur $= L$ reduciren, so ist einfach $L' = L(1 + kt)$. Bildet aber ein Körper eine Fläche, so ist die durch die Wärme ausgedehntere gröfsere Fläche $F' = F(1 + kt)^2$, und für einen Körper, von welcher Form er seyn mag, ist $K' = K(1 + kt)^3$. Weil bei allen festen Körpern die Gröfse k gegen die Einheit sehr klein ist, so kann man bei F' und K' die höheren Potenzen von k füglich weglassen, und indem man L, F und K als die Einheit nimmt, so ist $L' = L(1 + kt)$; $F' = F(1 + 2kt)$ und $K' = K(1 + 3kt)$. Will man aber aus den bekannten

Gröfsen bei höheren Temperaturen die bei niedrigern finden, so ist $L = \frac{L'}{1+kt}$, $F = \frac{F'}{1+2kt}$ und $K = \frac{K'}{1+3kt}$. Sollen aber die Ausdehnungen für sich gefunden werden, so ist $\frac{L'-L}{L} = kt$; $\frac{F'-F}{F} = 2kt$ und $\frac{K'-K}{K} = 3kt$. Ist aber endlich die Ausdehnung des Volumens $= 3kt$ bekannt, so findet man ganz einfach die lineare durch die Division mit $3t$, und eben so aus der bekannten Flächenausdehnung durch die Division mit $2t$. Diese Formeln geben für alle jetzt bekannte feste Körper hinlängliche Genauigkeit[1]. Noch verdient hier bemerkt zu werden, dafs Leutmann nach einer irrigen Ansicht der Sache annahm, ein Ring z. B. werde in Folge der Ausdehnung durch Wärme nach Innen enger, nach Aufsen weiter[2]. Dafs dieses *unrichtig* sey, davon überzeugt man sich bald, wenn man nur berücksichtigt, dafs jeder Ring, und so auch jede Kugel, als aus einer Summe über einander liegender, mit wachsenden Radien gezogener körperlicher Kreise angesehen werden könne, welche sich sämmtlich nach gleichem Gesetze verlängern[3].

Endlich hat Pictet durch eine Reihe sehr genauer Versuche über die Ausdehnung des Eisens gefunden, dafs dasselbe einer plötzlichen Temperaturveränderung ausgesetzt, sein voriges Volumen nicht genau wieder erhält[4]. Die Sache läfst sich leicht daraus erklären, dafs die zuerst abgekühlten oder erhitzten Theile bei dem Widerstande der übrigen sich verlängern oder verkürzen müssen, welches dann eine Veränderung des Ganzen nach sich zieht. Eben so fand derselbe, dafs ein äufserer mechanischer Druck die Wirkung der Ausdehnung vermindert, indem überhaupt ausgedehntes oder zusammengedrücktes Eisen nach dem Aufhören des Einflusses der äufsern Gewalt sein voriges Volumen, wenigstens für eine Zeit lang, nicht wieder erhält. Eine Anwendung hiervon auf andere Metalle läfst sich mit grofser Wahr-

1 Soldner bei G. XXV. 414. Biot Traité. I. 161.
2 Comm. Soc. Imp. Petr. 1729. T. IV. p. 220.
3 Hällström bei G. XIV. 300.
4 Biblioth. Univ. I. 199.

scheinlichkeit machen. Die so eben erst durch Mitscherlich beobachtete ungleiche Ausdehnung der Kalkspathkrystalle [1] ist eine so auffallende und wichtige Entdeckung, daſs die *Sache* die sorgfältigste Prüfung durch wiederholte Versuche verdient.

Die nachfolgende Tabelle giebt eine möglichst vollständige Uebersicht der linearen Ausdehnung der untersuchten festen Körper zwischen den festen Puncten des Thermometers, indem die darin angegebene Gröſse diejenige ist, welche sie bei der Siedehitze des Wassers haben, ihre Länge bei dem Gefrierpuncte desselben = 1 gesetzt, nebst den Namen der Beobachter. Um aber auch die mit einem constanten Fehler behafteten, übrigens aber genauen Resultate von Ellicot, Herbert und Berthoud mit aufnehmen zu können, hat Horner [2] sich die Mühe gegeben, diese auf die bei allen Beobachtern am meisten übereinstimmende Ausdehnung des Kupfers = 1,001710 zu reduciren.

Substanzen.	Gröſse bei 100° C.	Beobachter.
Palladium	1,00100000	Wollaston
Platin	1,00085655	Borda
	. . 99180	Troughton
	. . 85700	Guyt. Morveau
	. . 98390	Dülong u. Petit
Gold	1,00140100	Ellicot
	. . 131100	Bertthoud
	. . 147500	G. Morveau
feines (de départ) .	. . 146606	Lavoisier
nicht geglühet . .	. . 155155	„ „
geglühet . . .	. . 151361	„ „
Silber	1,00197800	Ellicot
	. . 207000	Herbert
	. . 190500	Berthoud
	. . 198800	G. Morveau
	. . 208260	Troughton
Kapellens. . . .	. . 190974	Lavoisier

1 Ann. de Chim. et de Ph. XXVI. 222. Vergl. XXV. 108.

2 Handschr. Mittheil.

Substanzen.	Größe bei 100° C.	Beobachter.
Pariser	1,00190868	Lavoisier
Eisen	1,00114600	Ellicot
	. . 117200	Herbert
	. . 119200	Berthoud
	. . 110000	G. Morveau
Draht	1,00114010	Troughton
	. . 123504	Lavoisier
Schmiedeeisen	1,00122045	„ „
	. . 125833	Smeaton
	. . 115600	Borda
	. . 114560	Schwerd
	. . 115600	Tralles
	. . 111155	Augustin
	. . 111545	„ „
	. . 112330	„ „
	. . 114550	„ „
	. . 144600	Hällström
	. . 126660	Dülong u. Petit
	. . 116800	Horner
Gußeisen	1,00110940	Roy
Stahl, gehärtet	1,00122500	Smeaton
	. . 137500	Berthoud
bei 30° angel.	. . 136900	Lavoisier
desgl.	. . 138600	„ „
bei 65° angel.	. . 123956	„ „
weicher	. . 107500	Ellicot
	. . 118990	Troughton
	. . 115000	Smeaton
	. . 107875	Lavoisier
	. . 107956	„ „
	. . 110400	Berthoud
Stahlstange	. . 114470	Roy
	. . 116000	de Lüc
Steierischer	. . 115200	Horner
Huntsman St.	. . 107400	„ „
Fischerscher a. Schafh.	. . 111200	„ „
Kupfer	1,00171000	Ellicot

Substanzen.	Größe bei 100 °C.	Beobachter.
Kupfer, *geschlagenes*	1,00170000	Smeaton
	. . 191880	Troughton
	. . 179000	G. Morveau
	. . 178400	Borda
	. . 172244	Lavoisier
	. . 171222	„ „
	. . 184110	Dülong u. Petit
	. . 170900	Horner
Messing	1,00182300	Ellicot
	. . 193332	Smeaton
Messingdraht . .	. . 188500	Herbert
gegossene . . .	. . 187500	Smeaton
	. . 193400	Berthoud
	. . 186671	Lovoisier
	. . 186971	„ „
Engl. Stabm. . . .	. . 189280	Roy
Hamburger . . .	. . 185540	„
Tyroler Taf. M. . .	. . 190300	Horner
Wismuth	1,00139167	Smeaton
Bronze	1,00181667	„ „
16 Th. Mess. 1 Th. Zinn	1,00190833	„ „
Spiegelmetall . . .	1,00193333	„ „
Zinkloth, 1 Th. Zink 2 Th. Kupf. . .	1,00205833	„ „
Klempnerloth . .	1,00250533	„ „
Spiefsglanz . . .	1,00108330	„ „
Zinn, gemeines . .	1,00248330	„ „
feines	. . 228330	„ „
	. . 232200	Herbert
	. . 255700	Berthoud
	. . 216400	Guyt. Morveau
	. . 209300	Horner
von Fallmouth .	. . 217298	Lavoisier
von Malacca . .	. . 193765	„ „
Blei	1,00288200	Ellicot
	. . 286667	Smeaton

Substanzen.	Gröfse bei 100° C.	Beobachter.
Blei	1,00287300	Herbert
	. . 308600	Berthond
	. . 271900	Guyt. Morveau
	. . 284836	Lavoisier
	. . 290200	Horner
Zink, gegossen . .	1,00294167	Smeaton
	. . 305100	Guyt. Morveau
	. . 296800	Horner
gehämmert . .	. . 310833	Smeaton
Glas, weifses . .	1,00083333	„ „
	. . 94400	Herbert
	. . 99100	Berthoud
	. . 86100	Dülong u. Petit
Glasstab	. . 80787	Roy
Glasröhre . . .	. . 77615	„
von St. Gobain .	. . 89089	Lavoisier
Gemeine Glasröhre .	. . 87572	„ „
desgl. andere . .	. . 89760	„ „
desgl. andere . .	. . 91751	„ „
Engl. Flintg. . .	. . 81166	„ „
Franz. Flintg. . .	. . 87199	„ „
Dünne Glasröhre .	. . 92100	Horner
von 0,2L. Glasdicke	. . 91300	„ „
Massive Stange . .	. . 91900	„ „
	. . 92500	„ „
Eis	1,02451200	P. Heinrich
Tannenkohle . . .	1,00100000	„ „
Eichenkohle . . .	1,00120000	„ „

B. Ausdehnung der tropfbar flüssigen Körper.

Die Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten ist im Allgemeinen stärker und bei den meisten innerhalb der festen Puncte des Thermometers weit weniger regelmäfsig, als die der festen Körper, wie damit übereinstimmt, dafs sie zum Theil beim Siedepuncte des Wassers, oder noch beträchtlich unter demselben eine Veränderung ihres Aggregatzustandes,

d. h. einen Uebergang von tropfbarer Flüssigkeit zur Expansion erleiden. Zu den Untersuchungen der Gesetze ihrer Ausdehnung hat man verschiedene Apparate gebraucht, und mehrere Verfahrungsarten angewandt, deren wesentlichste hier kurz zu beschreiben um so weniger überflüssig seyn möchte, als noch weitere genaue Versuche in diesem Gebiete sehr wünschenswerth sind. In der Hauptsache sind indefs alle hierzu geeignete Apparate den Thermometern ähnlich, und bestehen aus einem weiteren Gefäfse mit einer engen Röhre, in welcher letzteren die Gröfse der Ausdehnung der ganzen Menge der Flüssigkeit durch die Verlängerung des eingeschlossenen Cylinders gemessen wird. Hiernach kommt es also vorzüglich darauf an, das Verhältnifs des Inhalts der Röhre zum Gesammtinhalte des ganzen Apparates genau zu bestimmen.

a. Mühsam, und keineswegs vollkommen sicher ist ein ehemals häufig angewandtes Verfahren, nämlich mit einem kleinen gläsernen Becher gleiche Quantitäten Quecksilber zu schöpfen, hiermit das zum Messen bestimmte Gefäfs nebst der Röhre zu füllen, die hierzu erforderliche Menge zu zählen, und den Raum, welchen ein einzelner Becher voll Quecksilber in der Röhre einnimmt, aufserhalb zu bezeichnen, um hiernach das Verhältnifs der Länge eines Cylinders der Flüssigkeit in der Röhre zum Inhalte des ganzen Apparates zu kennen[1].

b. Bei weitem das leichteste und sicherste Verfahren ist folgendes. Man nehme eine genau calibrirte Glasröhre[2], blase an dieselbe eine der Weite der letzteren proportionale Kugel, tarire den Apparat, fülle ihn mit reinem und trocknem Quecksilber bis etwas in die Röhre, koche dieses bei dem Erfordernisse einer sehr grofsen Genauigkeit über Kohlen etwas aus, um anklebende Luft und Feuchtigkeit zu entfernen, wiege aufs Neue, um die Quantität des hineingegossenen Quecksilbers genau zu wissen, bezeichne den Punct, welchen es in der Röhre erreicht, als Normalpunct, mit 0, wiege ein Zehntel dieser Quantität genau ab, fülle dieses mit sorgfältiger Herstellung der anfänglichen Normaltemperatur und Wegschaffung der etwa anklebenden Luft-

1 Biot Traité I. 51.

2 Ueber d. Methoden d. Calibrirens; s. *Thermometer*.

blasen in die Röhre, und bezeichne abermals den Stand des Quecksilbers, so beträgt der Inhalt zwischen der 0 und diesem Puncte 0,1 des Ganzen, wonach diese Länge in 100 Theile getheilt Tausendtheile des Ganzen vermittelst der angebrachten Scale angiebt. Letztere kann man entweder auf die Röhre mit Flufssäure ätzen [1], oder mit Diamant ritzen, oder sie auf Papier tragen, dieses vermittelst etwas Mehlkleister an die Röhre kleben und mit Leinöl tränken [2]. Füllt man den so gefertigten Apparat bei 0° Temperatur mit der zu prüfenden Flüssigkeit bis an den Nullpunct der Scale, und erwärmt ihn allmälig im Wasser oder einer sonstigen geeigneten Flüssigkeit, so geben die Theile der Scale Tausendtheile der Ausdehnung unmittelbar an, welche aber für die Ausdehnung des einschliefsenden Gefäfses corrigirt werden müssen.

Die Nothwendigkeit, beim Messen der Ausdehnung von Flüssigkeiten, welche in Gefäfsen eingeschlossen sind, auf die Ausdehnung der Hüllen Rücksicht zu nehmen, hat man schon lange gekannt, wie aus einem alten sehr sprechenden Versuche hervorgeht [3]. Wenn man nämlich eine etwas grofse Kugel eines mit Weingeist oder Quecksilber gefüllten Thermometers schnell in heifses Wasser oder in eine kaltmachende Mischung taucht, so wird die Flüssigkeit in demselben durch die Ausdehnung des Glases der Kugel in jenem Falle erst sinken, in diesem erst steigen, ehe die entgegengesetzte Wirkung eintritt. Werden demnach die Versuche, wodurch die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten gefunden werden soll, mit einem gläsernen Apparate angestellt, und ist die lineare Ausdehnung des Glases für

---

1 S. *Barometer, Scale.*

2 Vergl. J. P. Neumann Lehrbuch d. Physik. Wien 1820. 2 Th. II. 135. Gay-Lüssac in Ann. de Chim. et de Phys. II. 130. Eine etwas andere, zwar zweckmäfsige, aber mühsamere Methode hat Sulzer angegeben. S. *Thermometer.* Zum Einbringen des Quecksilbers in die enge Röhre bedient man sich eines papiernen Trichters, und zur Fortschaffung der Luft eines feinen Fischbeinstäbchens oder eines dünnen Grashalmes.

3 Amontons in Mém. de l'Ac. 1700. p. 153. 1705. p. 101. ed. Bat. Homberg in Mém. de l'Ac. 1710. p. 563. Bülfinger in Com. Pet. I. p. 332. III. 242. Leutmann in Com. Pet. IV. 216.

1° C. = k, die Temperatur bei der Beobachtung in Graden der Centesimalscale des Thermometers = t, das beobachtete Volumen = V, so ist das corrigirte Volumen V' = V (1 + 3 kt)[1]. Nennt man ferner allgemein die Ausdehnung der Flüssigkeit δ, das Volumen derselben, gleich viel auf welche Grade der Scale sie ursprünglich zeigt, bei der niedrigern Temperatur v, dasjenige Volumen, welches dieselbe bei der Temperatur von t Graden C. einnimmt, v', so ist $v(1+\delta) = v'(1+3kt)$, woraus $\delta = \frac{v'-v}{v} + \frac{v'3kt}{v}$ gefunden wird. Daſs man übrigens bei diesen Versuchen sowohl das Verdunsten eines Theiles der Flüssigkeit durch die Hitze vermeiden, als auch die in derselben befindliche Luft vorher sorgfältig wegschaffen müsse, versteht sich von selbst.

c. Ein ähnliches, sehr sinnreiches Verfahren hat Gay-Lüssac[2] angewandt, um die Ausdehnung, namentlich des Quecksilbers zu finden. Er bediente sich nämlich eines eben beschriebenen, genau graduirten Apparates, zog das Ende der Röhre in eine feine Spitze aus, deren Inhalt als verschwindend klein unbeachtet bleiben konnte, füllte das Ganze mit Quecksilber, erhitzte den Apparat in siedendem Wasser, wobei ein Theil des ausgedehnten Quecksilbers ausfloſs, und maſs nach dem Erkalten bis zum Gefrierpuncte die Zusammenziehung aus dem leeren Raume der Röhre.

d. G. G. Schmidt[3] wandte ein hiervon verschiedenes, gleichfalls sehr beifallswerthes Verfahren an, um die Ausdehnung der Flüssigkeiten zu finden, indem er sich des von ihm verbesserten Fahrenheitschen Aräometers bediente, und mit demselben den Unterschied der spec. Gew. bestimmte. Indem nämlich die Ausdehnung dem spec. Gew. umgekehrt proportional ist, so läſst sich die erstere aus der letzteren leicht berechnen, muſs aber gleichfalls we-

---

1 S. oben.

2 Biot Traité. I. 198.

3 Gren N. J. I. 216.

gen der Ausdehnung des Aräometers durch die Wärme corrigirt werden. Nennt man auch hierbei die Ausdehnung der Flüssigkeit δ, ihr spec. Gew. bei der niedrigern Temperatur d, bei der höheren d', den Unterschied der Temperaturen in Graden der C. Scale t, die Längenausdehnung der Substanz des Aräometers für 1° C. = k, so ist $\delta = \frac{d - d'}{d} + \frac{d}{d'} 3\,k\,t$. Daſs man diese Abwägungen auch mit einem an der hydrostatischen Waage aufgehangenen Körper von Glas, Platin u. s. w. vornehmen, und auf gleiche Weise berechnen könne, fällt leicht in die Augen[1].

e. Man kann sich zu diesen Versuchen ferner auch des oben beschriebenen Hombergschen Aräometers bedienen[2], indem man ein tarirtes Gefäſs *zuerst* bei einer niedrigern Temperatur mit einer zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt wiegt, dann die Temperatur desselben um gemessene Grade erhöhet, wodurch eine Quantität der Flüssigkeit ausflieſst, und hierauf abermals wiegt. Ist hierbei die Temperatur genau bestimmt, und werden die übrigen, diesem Aräometer eigenthümlichen, aus dem Anhängen der überlaufenden Flüssigkeit an den Wänden des Gefäſses leicht entstehenden Fehler vermieden, welches beides übrigens sehr schwierig ist, so erhält man auch hiermit genaue Resultate, welche wegen der Ausdehnung des Gefäſses leicht corrigirt werden können. Ist nämlich das Gewicht der Flüssigkeit bei einer niedrigern Temperatur P, bei einer höheren P', und bleiben die übrigen Bezeichnungen wie oben, so ist $\delta = \frac{P - P'}{P'} + \frac{P}{P'} 3\,k\,t$.

f. Eine sinnreiche Methode endlich, welche schon von Boyle vorgeschlagen, von Dulong und Petit aber zur genauen Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers angewandt

---

1 Tralles bei G. XXVII. 249. Biot Traité. I. 201. Vergl. Hällström bei G. XIV. 297.

2 S. *Aräometer.*

Fig. 101. ist [1], besteht darin, daſs zwei gleiche Röhren A A' durch ein langes feines Röhrchen BB' verbunden, und mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt werden. Bei gleicher Temperatur stehen sie in gleichem Niveau. Wird aber die eine Röhre in ein Gefäſs mit Eis gesetzt, die andere dagegen in einem Behälter mit Oele erhitzt, so wird die Flüssigkeit in letzterer höher stehen. Der Ueberschuſs vermittelst eines Mikrometers oder eines Fernrohres gemessen, die Temperatur an einem Luftthermometer D'E'G'H'K; D E L (oder einem genauen Quecksilberthermometer) bestimmt, giebt die Ausdehnung der Flüssigkeit in Theilen des Ganzen ohne Correction unmittelbar [2].

Die bekannteste und umfangendste Reihe von Versuchen über die Ausdehnung der Flüssigkeiten hat J. A. de Lüc angestellt [3], welche indeſs den eigentlichen Zweck deswegen nicht vollständig erreichen, weil er bei allen seinen thermometerartigen Apparaten den Standpunct im siedenden Wasser mit 80, den *im schmelzenden Schnee* mit 0 bezeichnete, die sämmtlichen Scalen in 80 gleiche Theile theilte, und dann die Grade, welche sie mit dem Quecksilber verglichen durchliefen, aufzeichnete. Seine sämmtlichen Apparate waren nämlich Thermometer mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt, übrigens genau gemacht, die Röhren sorgfältig calibrirt, die Flüssigkeiten durch Hitze von Luft möglichst gereinigt, und dann zur Vermeidung des Verdunstens die offenen Enden bei hohen Graden der Hitze zugeschmolzen. Eine Vergleichung der verschiedenen Stände bei gleichen Temperaturen giebt folgende Tabelle.

---

1 Ann. de Ch. et de Ph. VII. 127. Der sinnreich construirte Apparat ist aus der Zeichnung kenntlich.

2 Ein ähnliches, minder genaues Verfahren giebt Bellani an. S. Brugnat. Giorn. Bim. II. VI. 278. Noch einige, vorzüglich beim Wasser anwendbare Methoden S. unten bei Ausdehnung d. Wassers.

3 Phil. Tr. LXVIII. 503. Vollständiger in Untersuchungen über d. Atmosphäre, d. Ueb. Leipz. 1776 2 Th. 8. I. 425.

Quecksilb.	Olivenöl.	Kamillenöl.	Quendelöl.	Gesättigte Salzsole.	Alkohol.	1 Th. Alkoh. 1 Th. Wass.	1 Th. Alkoh. 3 Th. Wass.	Wasser.
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	74,6	74,7	74,3	74,1	73,8	73,2	71,6	71,0
70	69,4	69,5	68,8	68,4	67,8	66,7	62,9	62,0
65	64,4	64,3	63,5	62,6	61,9	60,6	55,2	53,5
60	59,3	59,1	58,3	57,1	56,2	54,8	47,7	45,8
55	54,2	53,9	53,3	51,7	50,7	49,1	40,6	38,5
50	49,2	48,8	48,3	46,6	45,3	43,6	34,4	32,0
45	44,0	43,6	43,4	41,2	40,2	38,4	28,4	26,1
40	39,2	38,6	38,4	36,3	35,1	33,3	23,0	20,5
35	34,2	33,6	33,5	31,3	30,3	28,4	18,0	15,9
30	29,3	28,7	28,6	26,5	25,6	23,9	13,5	11,2
25	24,3	23,8	23,8	21,9	21,0	19,4	9,4	7,3
20	19,3	18,9	19,0	17,3	16,5	15,3	6,1	4,1
15	14,4	14,1	14,2	12,8	12,2	11,1	3,4	1,6
10	9,5	9,3	9,4	8,4	7,9	7,1	1,4	0,2
5	4,7	4,6	4,7	4,2	3,9	3,4	0,1	0,4
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- 5	—	—	—	- 4,1	- 3,9	—	—	—
- 10	—	—	—	- 8,0	- 7,7	—	—	—

G. G. Schmidt erhielt aus seinen oben erwähnten Versuchen folgende vergleichbare Dichtigkeiten verschiedener Flüssigkeiten, welche für die Ausdehnung des gebrauchten Aräometers schon corrigirt sind.

t. R.	Wasser	Weingeist	Terpentinöl	Olivenöl	1 Th. Alkali. 1 Th. Wasser	1 Th. Salz 4 Th. Wass.	Doppelt-Scheidewasser	Vitriolöl.
5	10014,312	—	—	—	—	—	—	—
10	10010,084	830,31	—	—	—	—	—	—
15	10000,000	827,21	888,40	917,70	—	1142,00	1170,20	1893,00
20	9985,774	822,84	882,25	912,35	—	1138,85	1166,85	1883,85
25	9968,465	816,40	877,96	907,00	1084,40	1135,80	1161,70	1878,83
30	9948,073	810,64	872,80	902,55	1082,66	1132,55	1157,25	1871,44
35	9924,598	804,83	867,40	900,20	1079,00	1129,10	1152,40	1864,00
40	9898,040	799,38	863,45	896,05	1076,36	1125,35	1148,05	1855,38
45	9868,409	795,60	856,63	890,80	1073,65	1121,85	1142,10	1849,73
50	9835,695	—	850,95	886,02	1064,06	1119,15	1135,35	1843,95
55	9799,898	—	846,10	882,50	1061,35	1115,30	—	1837,80
60	9761,018	—	—	877,02	1057,30	1110,15	—	1831,65
65	9719,055	—	—	—	1052,35	1106,50	—	1824,76
70	9674,009	—	—	—	—	1103,85	—	1819,35
75	9625,880	—	—	—	—	1097,10	—	1813,35
80	9574,668	—	—	—	—	—	—	—

Obgleich sich die Ausdehnung der untersuchten Flüssigkeiten aus diesen Angaben nicht darstellen läfst, weil sie nicht von einem festen Puncte, namentlich dem Gefrierpuncte ausgehen, und sich bei der bekannten Ungleichförmigkeit der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten diese fehlenden Angaben nicht mit Sicherheit interpoliren lassen, so sind sie bei ihrer Genauigkeit doch höchst wichtig, um die später zu erörternde Frage über ein allgemeines Gesetz der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten zu entscheiden.

Sehr sorgfältige Versuche, jedoch blofs über die Ausdehnung des Wassers hat CHARLES mit einem, dem ebengenannten ganz gleichen Apparate, *hydromètre thermométrique* genannt[1], durch BIOT[2] veranlafst, angestellt. Das absolute Gewicht des Apparates, auf den leeren Raum reducirt, betrug 90303 Milligramme, zu denen bei den neben-

---

1 S. *Aräometer*.

2 Traité. I. 414. Obgleich die Berechnung der Versuche nach der eben gegebenen Formel füglich angestellt werden kann, so wird die Wichtigkeit der Sache doch gestatten, auch die von BIOT angegebene Berechnungsart hier kurz zu erwähnen. Hat man nämlich durch Einsenken in das Wasser bei dem bekannten Gewichte des letzteren das absolute Gewicht des Aräometers nebst den Auflegegewichten, und hiernach auch das absolute Gewicht und den kubischen Inhalt des aus der Stelle verdrängten Wassers bei 0° Temp. gefunden, und nennt dieses (P); so ist nach obigen Bezeichnungen (S. oben b) bei jeder andern Temperatur das Volumen des verdrängten Wassers $= (P)(1+3kt)$. Ist dann ferner das Normalgewicht eines gewissen Volumens der zu untersuchenden Flüssigkeit bei 0° Temperatur (π), die Ausdehnung durch Wärme $= \delta$, so ist das Gewicht der bei jeder andern Temperatur verdrängten Flüssigkeit $= \frac{(\pi)}{1+\delta}(P)(1+5kt)$, welches durch die Beobachtung gegeben wird, indem, wenn P das absolute Gewicht des Aräometers für den Punct der gröfsten Dichtigkeit der Flüssigkeit, oder $(P)(1+3kt')$, die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit des Wassers $= t'$ gesetzt, P' die Zulegegewichte bezeichnet, durch die es bis an den Normalpunct einsinkt, $\frac{(\pi)(P)(1+3kt)}{1+\delta} = P+P'$ ist. Hieraus wird $(\pi) = \frac{(P+P)(1+\delta)}{(P)(1+3kt)}$ u. $\delta = \frac{(\pi)(P)(1+3kt)}{P+P'} - 1$. Hat man diesemnach aus mehreren Beobachtungen δ bei verschiedenen Temperaturen gefunden, so läfst sich hieraus δt, oder die jeder Temperatur zugehörige Ausdehnung der Flüssigkeiten als Function der Temperatur finden, wie weiter unten gezeigt wird.

stehenden Temperaturen die in der Tabelle enthaltenen Millig. zugelegt wurden, um das Einsinken bis an den Normalpunct hervorzubringen.

t. R.	P′	t. R.	P′	t. R.	P′
1	1310	17	1200	34	660
2	1315	18	1180	35	620
3	1320	19	1160	36	580
4	1325	20	1140	37	540
4,75[1]	1330	21	1110	38	500
5	1329	22	1080	39	450
6	1327	23	1050	40	400
7	1324	24	1020	41	350
8	1320	25	990	42	300
9	1315	26	960	43	250
10	1310	27	930	44	200
11	1295	28	895	45	150
12	1285	29	860	46	90
13	1270	30	825	47	30
14	1255	31	785	47,5	00
15	1240	32	745		
16	1220	33	705		

Newton untersuchte die Ausdehnung des Leinöls, und fand das Verhältnifs des Volumens bei 0°, 37,°78 und 100° C. = 100000; 102760 und 107250; Thomson aber untersuchte die Ausdehnung der Schwefelsäure, Salpetersäure und des Terpentinöls, Blagden und Gilpin des Quecksilbers, Wassers und Alkohols, welche sämmtlich durch Thomson[2] in eine Tabelle gebracht, folgende Uebersicht gewähren:

1 Scheinbarer Punct der gröfsten Dichtigkeit.
2 System d. Chemie. Berlin 1805. I. 451.

t. C.	Quecks.	Schwefelsäure	Salpetersäure	Wasser	Terpentinöl	Alkohol
0,00	100000	———	———	———	———	100000
4,45	100081	99752	99514	———	———	100539
10,00	100183	100000	100000	100023	100000	101015
15,56	100304	100279	100468	100091	100460	101688
21,11	100406	100558	100990	100197	100993	102281
26,67	100508	100806	101530	100332	101471	102890
32,22	100610	101054	102088	100694	101931	103517
37,78	100712	101317	102620	100908	102446	104162
43,33	100813	101540	103196	———	102943	———
48,89	100915	101834	103776	101404	103421	———
54,44	101017	102097	104352	———	103954	———
60,00	101119	102320	105132	———	104573	———
65,56	101220	102614	———	102170	———	———
71,11	101322	102893	———	———	———	———
76,67	101424	103116	———	———	———	———
82,22	101526	103339	———	———	———	———
87,78	101628	103587	———	103617	———	———
93,33	101730	103911	———	———	———	———
100,0	101835	———	———	104577	———	———

Unter die wichtigsten Versuche gehören ohne Streit diejenigen, welche Gay-Lüssac[1] anstellte, indem er vier Flüssigkeiten von ihrem Siedepuncte an von 5 zu 5 Graden C. erkalten liefs, und ihre Zusammenziehungen in Tausendtheilen der Einheit bestimmte. Die Siedepuncte waren: des Wassers 100°; des Alkohols 78,41; des Schwefelkohlenstoffs 46,60; des Schwefeläthers 35,66. Ihre Zusammenziehungen waren folgende:

t. C.	Wasser	Diff.	Alkohol	Diff.	Schwef. Koklenst.	Diff.	Schwefeläther	Diff.
0	0,00	3,34	0,00	5,55	0,00	6,14	0,00	8,15
5	3,34	3,27	5,55	5,88	6,14	5,87	8,15	8,02
10	6,61	3,89	11,43	6,08	12,01	5,97	16,17	7,99
15	10,50	2,65	17,51	5,83	17,98	5,82	24,16	7,67
20	13,15	2,81	23,34	5,81	23,80	5,85	31,83	7,31
25	16,06	2,79	29,15	5,59	29,65	5,41	39,14	7,28
30	18,85	2,67	34,74	5,54	35,06	5,42	46,42	5,64
35	21,52	2,58	40,28	5,40	40,48	5,29	52,06	6,71
40	24,10	2,40	45,68	5,17	45,77	5,30	58,77	6,71
45	26,50	2,06	50,85	5,17	51,08	5,20	65,48	6,53

1. Ann. de Chim. et de Ph. II. 130.

t. C.	Wasser	Diff.	Alkohol	Diff.	Schwef. Kohlenst.	Diff.	Schwefeläther	Diff.
50	28,56	2,04	56,02	4,99	56,28	4,86	72,01	6,37
55	30,60	1,82	61,01	4,95	61,14	5,07	78,38	
60	32,42	1,60	65,96	4,78	66,21		——	
65	34,02	1,45	70,74	4,74	——		——	
70	35,47	1,23	75,48	4,63	——		——	
75	36,70		80,11		——		——	

Die Uebersicht dieser, von den verschiedensten Beobachtern, gröfstentheils bei vorzüglichster Genauigkeit der Versuche, erhaltenen Resultate zeigt genügend, dafs die tropfbaren Flüssigkeiten sich keineswegs, wie die festen Körper, für die Temperaturen zwischen den festen Puncten des Thermometers gleichmäfsig ausdehnen. Es ist daher auch unzureichend, die Gröfse ihrer Volumens-Vermehrung zwischen diesen Puncten zu kennen, weil man diese Gröfse den Graden der Wärme nicht proportional setzen kann. Die von Dalton[1] hierüber gefundenen, von Thomson[2] aufgenommenen Gröfsen sind daher ohne eigentlichen Werth. Nach ihm ist die Vermehrung des Volumens beim Siedepuncte, das bei 0° C. als Einheit angenommen, für

Salzsäure, sp. Gew. = 1,137 . .	0,0600
Salpetersäure, sp. G. = 1,400 . .	0,1100
Schwefelsäure, sp. G. = 1,850 . .	0,0600
Alkohol	0,1112
Wasser	0,0466
Gesättigte Salzsole	0,0500
Schwefeläther	0,0700
Leinöl und Olivenöl	0,0800
Terpentinöl	0,0700

Das vorzüglichste Resultat, welches die Physiker durch die wiederholten Versuche über die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten zu erhalten strebten, war, ein allgemeines Gesetz dieser Ausdehnung aufzufinden, welches aber bisher noch nicht gelungen ist, und der Natur der Sache nach nicht füglich erreicht werden kann. Dalton[3] stellt zwar die Be-

1 Chem. Phil. I. 56. ff.

2 Système de Chim. trad. par Riffaut. Par. 1818. I. 80.

3 Chem. Phil. I. 16.

hauptung auf, dafs alle homogenen Flüssigkeiten, wie Wasser und Quecksilber, von ihrem Gefrierpuncte, oder dem Puncte ihrer gröfsten Dichtigkeit an, sich um eine Gröfse ausdehnen, welche sich wie das Quadrat der Temperaturen von diesem Puncte an verhält; allein er nimmt zur Unterstützung dieser Hypothese zu so willkührlichen Behauptungen über die Ausdehnung des Glases seine Zuflucht, welche mit den oben mitgetheilten Erfahrungen durchaus nicht übereinstimmen, und setzt eine Unregelmäfsigkeit des Quecksilberthermometers voraus, welche den genauesten Beobachtungen über dieses Werkzeug widerstreitet, dafs die ganze Sache keiner weiteren Widerlegung bedarf. Folgende zwei Gesetze lassen sich dagegen als mit der Erfahrung übereinstimmend annehmen[1]. 1. Die Ausdehnung der Flüssigkeiten ist so viel stärker, je niedriger ihr Siedepunct liegt, oder je weniger Wärme sie bedürfen, um in gasförmigen Zustand überzugehen; 2. sie wächst bei allen mit zunehmender Temperatur. Indem aber das Gesetz der Zunahme der Ausdehnung bei steigender Temperatur bei allen Flüssigkeiten verschieden ist, so läfst sich dasselbe nicht durch eine allgemeine Formel ausdrücken, sondern mufs für eine jede besonders gefunden werden.

Ausdehnung des Quecksilbers.

Vor allen Dingen war es von grofser Wichtigkeit, die Ausdehnung des Quecksilbers genau zu kennen, nicht blofs weil man diese Flüssigkeit vorzüglich zu Thermometern nimmt, sondern weil diese Bestimmung bei der Wärmecorrection des Barometers und sonstigen Messungen häufig in Anwendung kommt. Im Allgemeinen wird in Gemäfsheit der gleichen Grade des Quecksilberthermometers die Ausdehnung dieser Flüssigkeit innerhalb der festen Puncte des Thermometers für gleichmäfsig gehalten. Indefs wollen einige Physiker, namentlich Roy[2] eine zunehmende Ausdehnung desselben wahrgenommen haben, und andere, z. B. Robison[3] haben diese Behauptung als gültig angesehen, ohn-

1 Vergl. Thomson Syst. de Chim. I. 79.

2 Phil. Tr. LXVII. 653.

3 System of Mechanical Philos. III. 659.

geachtet nicht wohl begreiflich ist, wie dieses bloſs vermittelst eines Quecksilberthermometers gefunden werden konnte. De Lüc, obgleich sich zu der Annahme hinneigend, daſs die Mitte der Temperatur zwischen 0° und 100° nicht auf 50° des Quecksilberthermometers falle, weil gleiche Quantitäten eiskaltes und siedendes Wasser nicht vollkommen diese Temperatur gaben, ist doch im Allgemeinen der Meinung einer gleichförmigen Ausdehnung des Quecksilbers zugethan [1], theils weil die im genannten Versuche erhaltene Differenz nur unbedeutend war, theils weil bei seiner oben erwähnten Vergleichung der mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllten Thermometer die beobachteten Differenzen derselben sich im Quecksilberthermometer ausglichen. Auch Flaugergues [2] erhielt aus einigen, mit groſser Sorgfalt angestellten Versuchen, das Resultat, daſs das Quecksilber zwischen — 25° bis 100° C. sich gleichförmig ausdehnt, und Gay-Lüssac fand bei seinen Versuchen über die Ausdehnung der Luft den Gang des Quecksilberthermometers den Zunahmen der Wärme direct proportional [3]. Am vollständigsten und mit gröſster Genauigkeit wurde diese Frage untersucht durch Dülong und Petit, indem sie aus der Vergleichung der Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers die letztere bestimmten [4]. Hierbei ergab sich, daſs von sehr niedriger Temperatur an, etwas über dem Gefrierpuncte desselben, bis über den Siedepunct des Wassers die Vergröſserung seines Volumens den Incrementen die Wärme direct proportional ist, wie folgende Zusammenstellung der erhaltenen Werthe in Graden der hunderttheil. Scala zeigt, welche für die Ausdehnung des Glases corrigirt sind.

1 Unters. üb. d. Atm. I. 355. Eine nähere Würdigung des angebenen Versuches s. unten: *Ausdehnung der Gasarten.*

2 J. de Ph. LXXXII. 401.

3 La Place Méc. Cel. IV. 270.

4 Ann. de C. et de Ph. VII. 118 ff.

Quecks. Therm.	Luft-Therm.	Quecks. Therm.	Luft-Therm.
— 36,29	— 36,18	0	0
— 34,72	— 34,84	100	100
— 33,31	— 33,40	150	148,70
— 32,27	— 32,13	200	197,05
— 31,63	— 31,54	250	245,05
— 31,26	— 31,04	300	292,70
— 30,46	— 30,59	360	350,00
— 29,68	— 29,64		

Das Quecksilber ist sonach eine Flüssigkeit, deren gleichmäſsige Ausdehnung zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers unbedenklich angenommen werden kann. Zahlreich und nicht wenig abweichend sind indeſs die hierüber vorhandenen Bestimmungen. Setzt man das Volumen desselben beim Gefrierpuncte des Wassers = 1, so ist es beim Siedepuncte desselben nach Fahrenheit [1] = 1,01610; nach Deluigna [2] = 1,015955; nach Musschenbroek [3] = 1,014; nach Martine [4] = 1,0159167; nach de l'Isle [5] und Lalande [6] = 0,0150; nach de Lüc [7] = 0,0185; nach Schuckburg [8] = 1,0182; nach Roy [9] = 1,0170; nach Rosenthal [10] = 1,0171; nach Luz [11] = 1,0174; nach Herbert [12] = 1,0156; nach Cavendish [13] = 1,01872;

1 Musschenbroek Cours de Phys. II. 367.

2 Diss. sur la grad. du barom. simple. Verona 1765.

3 Cours de Ph. II. 361.

4 Essays Medical and Phil. 1740.

5 Mém. pour servir a l'hist. et aux progrès de l'Astronomie et de la Geogr. phys. à St. Petersb. 1738. 4. p. 267.

6 J. de Ph. LVII. 457. G. XVII. 102.

7 Ueb. d. Atmosph. §. 364. I. 518.

8 Phil. Tr. LXVII. p. 513.

9 Ebend. p. 653.

10 Beiträge zur Verfert. Kenntniſs und Gebrauch meteorol. Werkzeuge. Gotha 1782—84. 2 Vol. 8.

11 Beschreib. von Bar. §. 77.

12 Diss. de Igne. Vienn. 1773.

13 Phil. Tr. LXVI. 380.

nach Dalton [1] = 1,0200; nach Casbois [2] = 1,01495; nach Cavallo [3] = 1,01495; nach Cotte [4] = 1,015385; nach Hällström [5] = 1,01758. Unter die genauesten Angaben gehört die, lange Zeit als die richtigste angenommen, welche La Place und Lavoisier durch ihre Versuche fanden [6], wonach das Volumen des Quecksilbers bei 100° C. = 1,0184775 seyn soll, und welche mit dem, von der Londoner Societät [7] erhaltenen, noch genaueren Werthe, nämlich 1,0184365 sehr nahe übereinstimmt. Schwerlich wäre es auch möglich gewesen, wegen der etwas verschiedenen Ausdehnung der verschiedenen Glassorten eine genauere Bestimmung zu erhalten, wenn dieses nicht vermittelst der durch Dülong und Petit befolgten Methode [8] geschehen wäre. Sie fanden nicht blofs mit gröfster Bestimmtheit die Vermehrung des Volumens des Quecksilbers durch 100° C. = 0,01801802, sondern auch die zunehmende Ausdehnung desselben durch Erhöhung der Temperatur über den Siedepunct des Wassers [9]. Nach den zuletzt genannten, sehr nahe übereinstimmenden Versuchen ist also die Ausdehnung des Quecksilbers für *einen Grad C.* zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers nach Lavoisier und La Place = $\frac{1}{5412}$; nach den Versuchen der Londoner Societät = $\frac{1}{5424}$; nach Dülong und Petit = $\frac{1}{5550}$, wird aber nach den letzteren bei 200° C. des Luftthermometers = $\frac{1}{5425}$ bei 300° = $\frac{1}{5300}$. Wegen der Regelmäfsigkeit der Ausdehnung des Quecksilbers innerhalb der festen Puncte des Thermometers sind die jederzeit erforderlichen Correctionen leicht zu finden. Ist nämlich das Volumen desselben beim Gefrierpuncte = 1, so ist dasselbe bei

1 New Syst. of chim. Phil. I. 36.
2 J. de Ph. LXII. 441.
3 Phil. Tr. LXXI. 523.
4 J. de Ph. XXXVII. 189.
5 Diss. phys. de expans. Hydrargyri. Aboae 1803. G. XVII. 110.
6 Biot Traité I. 233.
7 Phil. Tr. LXVII. 817.
8 S. oben f.
9 Ann. de Chim. et de Ph. VII. 136. Crichton zieht die erhaltenen Resultate mit Unrecht in Zweifel. Ann. of Phil. 1821. Apr. 241.

t Graden C. $= 1 + \frac{t}{5550}$, und überhaupt ist ein gegebenes Volumen desselben bei t Graden C. = V; für t′ Grade $v' = v\left(1 + \frac{t'-t}{5550}\right) = v\,(1 + 0{,}000180018\,(t' - t))$; für die 80theil. Scale aber ist $v' = v\,(1 + 0{,}0002250225\,(t' - t))$ u. für die Fahrenheitsche $v' = v\,(1 + 0{,}000100010\,(t' - t))$.

Ausdehnung des Wassers.

Ungleich schwieriger ist es, die Gesetze der Ausdehnung der übrigen tropfbaren Flüssigkeiten aufzufinden. Hierbei kommt hauptsächlich in Betrachtung, daſs einige derselben, namentlich das Wasser, vom Siedepuncte abwärts gerechnet, ehe sie gefrieren, sich zuvor wieder ausdehnen, weswegen also zuvor der Punct der gröſsten Dichtigkeit bestimmt werden muſs[1]. Diese räthselhafte Eigenthümlichkeit des Wassers wurde schon von den Mitgliedern der *Academia del Cimento* bei ihren Versuchen über die Entstehung des Eises wahrgenommen[2], und nachher durch den Dr. Crowne bestätigt, auch erwiesen, daſs die Ursache hiervon nicht in der Zusammenziehung des Glases liege, wie Dr. Cooke glaubte[3], und noch kürzlich Monge, Prony[4] und Tardi de la Brossy[5] annehmen wollten. Indeſs war J. A. de Lüc der erste, welcher diese Untersuchung aufs Neue anstellte, und den Punct der gröſsten Dichtigkeit bei 5° C. fand, mit dem Zusatze, daſs dasselbe für gleiche Temperaturdifferenzen über und unter diesem Puncte ein gleiches Volumen habe[6]. Hierbei hatte er indeſs, eben wie Kirwan[7] bei seinen Bestimmungen der ungleich wachsenden Dichtigkeit des Was-

---

1 Ueber die Erklärung dieser Erscheinung S. *Eis*.

2 Musschenbroek Tent. exper. cet. I. 146. Phil. Tr. 1670 vol. V. p. 2020.

3 Birch Hist. of the Roy. Soc. IV. 263.

4 Neue Architect. Hydr. übers. von Langsdorf. I. 280.

5 Bibl. Brit. XXIX. 22.

6 Ueb. d. Atm. I. 439. G. I. 471.

7 Phil. Tr. LXXV. 267.

sers die Correction wegen der Zusammenziehung des Glases mit in Rechnung zu nehmen versäumt, welches nachher durch BLAGDEN und GILPIN geschah[1]. Nach diesen ist der Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4° C. und das Wasser hat dann für folgende Grade der Temperaturen über und unter diesem Puncte die nebenstehenden Dichtigkeiten, das Volumen desselben bei diesem Normalpuncte = 1 gesetzt[2]:

t.	t.	Volum.	spec. Gew.
4°,00	4°,00	1,00000	1,00000
3,33	4,44	1,00000	1,00000
2,77	5,00	1,00001	0,99999
2,22	5,55	1,00002	0,99998
1,66	6,11	1,00004	0,99996
1,11	6,66	1,00006	0,99994
0,55	7,22	1,00008	0,99991
0,00	7,77	1,00012	0,99899

Diese Tabelle liefse sich noch weiter fortsetzen, in so fern das Wasser sich bis weit unter 0° erkälten läfst, ohne dafs es gefriert. Hierauf machte DALTON[3] aufmerksam, gab aber den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 5°,83 C. deswegen zu hoch an, weil er die Ausdehnung des Glases zu berechnen unterliefs. Eben so ist CRICHTON's[4] Angabe zu hoch, wonach dieser bei 42,3 F. oder 5°,72 C. seyn soll. Sehr genaue Versuche über diesen Gegenstand stellte LEFÈVRE-GINEAU 1795 bei der Regulirung der französ. Maſse an, indem er einen sorgfältigst gearbeiteten Cylinder im Wasser bei verschiedenen Temperaturen abwog, und mit Rücksicht auf die Ausdehnung des Metalls den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,4 C. fand[5]. G. G. SCHMIDT hat zwar diese Frage nicht absichtlich untersucht, allein dennoch

---

1 Phil. Tr. LXXXIII. oder 1792. p. 311.

2 Ausführlicher findet sich diese Tabelle in Phil. Tr. 1794. p. 275. daraus in Gren N. J. II. 374.

3 Mém. of the Soc. of Manchester. V. P. II. p. 373. G. XIV. 293. Neues Syst. d. chem. Th. d. Naturw. 1. 36, wo sich eine Tabelle über d. Ausdehnung d. Wassers befindet.

4 Ann. of Phil. 1823. N. XXX. p. 401.

5 J. de Ph. XLIX. 271.

geben seine Beobachtungen diejenige Temperatur, wo er die Dichtigkeit am gröfsten fand, = 3°,73 R. = 4°,69 C.[1]. Auch Hällström untersuchte die Volumensveränderungen des Wassers zwischen 0° und 20° C. und fand den Punct der gröfsten Dichtigkeit zwischen 4° und 5° C., durch Berechnung der verschiedenen Resultate genau bei 4°,35427 C.[2]. Sehr nahe übereinstimmend hiermit ist die Bestimmung, welche Bischof durch sehr genaue Abwägungen des Wassers in einer Glaskugel erhielt, wonach dieser Punct bei 4°,07 C. liegen soll[3]. Auch Bellani fand durch mehrere vergleichende Versuche den Anfang der Ausdehnung des Wassers, mochte dasselbe frei von Luft seyn oder nicht, bei 39°,5 F. = 4°,16 C.[4]. Bei den oben angegebenen sehr genauen Abwägungen des Wassers von verschiedenen Temperaturen durch Charles vermittelst seines hydromètre thermométrique wurde der uncorrigirte Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers bei 4°,75 R. gefunden. Biot sucht aus dieser Abwägung den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers nicht *unmittelbar*, *sondern* bestimmt denselben auf eine nachher näher zu prüfende Weise. Indefs läfst sich derselbe durch folgende Betrachtung wenigstens nahe genau finden. Aus den Versuchen erhellet, *dafs für jeden Grad R.* 5 *Milligr.* zugelegt werden mufsten, um das Aräometer bis an den Normalpunct herabzudrücken, bei 4°,75 R. aber waren 25 *Milligr.* Zulegegewicht erforderlich. Wenn wir nun annehmen, dafs diese 25 Millig. in demjenigen Verhältnisse für die Zusammenziehung des Wassers und für die Ausdehnung des Glases erforderlich waren, in welchem beide zu einander stehen, so findet man weiter unten, dafs die Ausdehnung des Wassers zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers nach Beobachtung und Rechnung 0,046601 beträgt. Berücksichtigt man aber, dafs diese, von 0° an zu rechnende Ausdehnung, indem sie erst abnimmt, und dann wieder zu-

---

1 Gren N. J. I. 218.

2 Diss. phys. de mutation. volum. aquae destill. cet. Praes. Hällström, Resp. Hulthin. Aboae 1802. G. XVII. 107. XX. 384.

3 G. XXXV. 321.

4 Brugnatelli Giorn. I. 315.

nimmt, den Punct der gröfsten Dichtigkeit vorläufig bei 4° R. angenommen, nur 72 Graden der achtzigth. Scale zugehört, so beträgt die Ausdehnung des Wassers für 1° R. 0,00064723, die kubische Ausdehnung des Glases aber beträgt 0,00003284 oder wenn man sie hoch annehmen will 0,0000345. Sollen diesemnach die 25 Milligr. in diesem Verhältnisse unter das Wasser und das Glas vertheilt werden, oder aber nennen wir die Ausdehnung des Wassers = w, die des Glases = g, und nehmen $\frac{25 \cdot w}{w+g}$; so ist dieses = 23,7, und würde einer Temperatur von 4°,46 R. zugehören, welches also nach diesen genauen Beobachtungen der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers wäre [1]. Hällström erhielt bei seinen letzten Abwägungen [2] gleiche uncorrigirte Dichtigkeiten des Wassers bei 3°,7 und 6°,2 C., wonach also der uncorrigirte Punct der gröfsten Dichtigkeit auf 4°,95 C. fällt, so dafs auch hiernach der corrigirte etwa bei 4,7 C. zu liegen kommt.

Die Uebersicht dieser, im Ganzen nahe genug übereinstimmenden Resultate ergiebt, dafs der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers höher als bei 4° C. liegen mufs. Die Schwierigkeit dieser Art Bestimmungen liegt vorzüglich in der Ausdehnung der zum Messen angewandten festen Körper. Viele glaubten daher mit Recht, dafs es gut seyn würde, solche Methoden anzuwenden, bei denen diese Correction unnöthig ist. Oswald Sym [3] suchte dieses dadurch zu erreichen, dafs er in die zum Messen der Ausdehnung bestimmte Röhre eine andere engere schob, den Zwischenraum mit Wasser füllte, und somit die Ausdehnung des zwischen beiden Röhren befindlichen hohlen Wassercylinders mafs. Vermittelst dieses Apparates fand er den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,45 C. und gleiche Ausdehnungen bei glei-

---

1 Diese gefundene Gröfse ist allerdings sehr auffallend, die Beobachtung indefs von andern nicht eben abweichend, und gegen das Princip der Rechnung läfst sich, wie mir scheint, nichts einwenden, auch ist die Ausdehnung des Glases gegen die des Wassers so geringe, dafs diese Correction nicht viel betragen kann.

2 G. LXXVII. 163.

3 Ann. of Phil. IX. 387.

chen Temperaturdifferenzen über und unter diesem Puncte. Man kann indefs diese Bestimmung nur als eine uncorrigirte ansehen, wodurch ihre Ungenauigkeit sichtbar wird, indem der, zwischen beiden Röhren eingeschlossene, Wassercylinder durch die Ausdehnung der letzteren sich vergröfsert, und auf diese Weise gar keine Compensation zu erhalten ist. L. A. ARNIM[1] schlägt den hydrostatischen Druck des Wassers und Quecksilbers in einer communicirenden Röhre als Mittel zu dieser Bestimmung vor. Eine solche Röhre enthält im kürzeren Schenkel Quecksilber, im längeren Wasser, welche sich in dem beständigen Niveau e e berühren, und da das absolute Gewicht beider Flüssigkeiten sich nicht ändert, so mufs die Länge der Säulen durch Ausdehnung gröfser, durch Zusammenziehung kürzer werden, welches beides an den feinen Scalen m und n gemessen werden soll. Die Schwierigkeit einer genauen Temperaturbestimmung, einer scharfen Bestimmung der Längen der Säulen, der, bei verschiedenen Temperaturen verschiedenen, Capillarität und manche andere Beschränkungen machen den Apparat minder brauchbar[2]. Ungleich zweckmäfsiger ist die oben f. beschriebene, von DÜLONG und PETIT zum Messen der Ausdehnung des Quecksilbers gebrauchte Vorrichtung. Indefs läfst sich durch die ungleiche Ausdehnung des Glases und des Quecksilbers leicht eine einfache und ohne Schwierigkeit ausführbare, bis zur Fehlergrenze der Beobachtungen völlig genaue Compensation für diejenigen Flüssigkeiten erhalten, welche das Quecksilber nicht auflösen. Zu diesem Ende verfertige man einen oben unter b beschriebenen Apparat, dessen Kugel gegen die Röhre einen verhältnifsmäfsig sehr grofsen Inhalt hat, tarire ihn, fülle ihn bis zum Anfangspuncte der als Mafs der Ausdehnung bestimmten Scale, und (der leichteren Rechnung wegen) bei 0° Temperatur mit Quecksilber, bestimme dessen Gewicht, und nehme das Volumen desselben als die Einheit des Inhaltes der Kugel und Röhre bis an den Anfang der Scale. Dann bestimme man die Menge des Quecksilbers, welches man zur Compensation des Glases in

Fig. 102.

---

1 G. V. 64.

2 Vergl. Hällström bei G. XIV. 305.

die Kugel schütten muſs, auf folgende Weise. Es sey die Menge desselben als Theil der durch das Gewicht des eben genannten Quecksilbers gefundenen Einheit $= x$, so ist der von demselben nicht erfüllte Raum des Apparates $= 1 - x$. Ist nun die Ausdehnung des Quecksilbers $= q$, die kubische des Glases $= g$, so muſs $(1 - x) g = q x$ werden, woraus $x = \frac{g}{g + q}$ gefunden wird. Man kann nach den oben mitgetheilten Angaben g unbedenklich nach der Uebereinstimmung der genauesten Beobachtungen $= 0{,}000027$ und $q = 0{,}000180018$ setzen, wonach der numerische Werth von $x = 0{,}130423443 = m$ wird. Ist also das Gewicht des Quecksilbers, welches bei 0° Temperatur die Kugel und Röhre bis an den Anfang der Röhre füllt, $= p$, so ist pm das Gewicht desjenigen Quecksilbers, welches man zum Compensiren der Ausdehnung durch Wärme in die Kugel füllen muſs, und ist dann das spec. Gew. der zu prüfenden Flüssigkeit $= \gamma$, so giebt $\gamma p (1 - m)$ sein Gewicht, und somit sein Volumen an, wonach die Scale zu verzeichnen ist[1].

Ein sehr sinnreiches Verfahren entlehnte Rumford aus seiner Erklärung über die Entstehung tiefer Löcher in dem Eise der Gletscher[2], indem er annahm, daſs das an der Oberfläche durch die Sonnenstrahlen erwärmte Wasser herabsinke, das Eis in der Tiefe schmelze, und so erkältet in die Höhe steige, woraus eine gröſsere Leichtigkeit des kälteren Wassers bei wenig vom Gefrierpuncte entfernten Temperaturen folgte. Hope[3] stellte demnach Versuche an mit Wasser in einem Gefäſse, in welchem sich oben und unten ein Thermometer befand, indem er beobachtete, bei welcher Temperatur das Wasser als spec. schwerer niederzusinken fortfuhr, und fand hierdurch den Punct der gröſsten Dichtigkeit zwischen 4° und 4°,44 C., am genauesten bei 4°,35. Aehnliche

1 Einer anderen, weit schwierigern Compensation aus Glas und Blei bediente sich Flaugergues beim Messen der Ausdehnung der Luft. S. unten.

2 Expertmental Essay's cet. Essay VII. Lond. 1797. 8. G. I. 239. Phil. Tr. 1804.

3 Edinb. Phil. Tr. VI. Jahr 1804. Nichols. J. XII. Ann. de Chim. LIII. 272.

sehr genaue und oft wiederholte Versuche stellte im folgenden Jahre Graf RUMFORD[1] mit einem sinnreich construirten Apparate an, und erhielt als Resultat, dafs das Wasser bei 4° oder 5° C. seine gröfste Dichtigkeit habe, indem es bis zu diesen Temperaturen niedersank, über denselben aber aufstieg. TRALLES[2] bediente sich des nämlichen Verfahrens schon 1800, und fand die gröfste Dichtigkeit bei 4°,35 C. Aus allen diesen directen Messungen, wobei insbesondere die letzteren mehr Zutrauen verdienen, als HÄLLSTRÖM[3] ihnen zuzugestehen geneigt ist, geht abermals unverkennbar hervor, dafs der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers höher als bei 4° C. liegt, und es ist gewifs unbedenklich am sichersten, ihn nach TRALLES und HOPE bei 4°,35 oder bei 4°,4 anzunehmen.

Sehr abweichende Resultate über den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers erhält man, wenn man denselben aus dem Gange der Ausdehnung des Wassers zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers sucht. HÄLLSTRÖM[4] hat in einer schätzbaren Uebersicht die hauptsächlichsten Resultate mit Angabe der Berechner und Beobachter zusammengestellt, welche (mit Ausschlufs der offenbar zu geringen von GILPIN durch WALBECK berechneten und der zu grofsen von SCHMIDT nach HALLSTRÖM's Rechnung) zwischen 1°,76 und 4°,44 C. schwanken, als mittleres Resultat aber 3°,583 geben. Nimmt man aber die vorzüglichsten Beobachtungen und Berechnungen zusammen, nämlich

1 Mém. de l'Inst. VII. 78 Nicholsons J. XI. 1. G. XX. 369. In dem Gefäfse E befindet sich zerstofsenes Eis, um die Temperatur auf 0° zu erhalten. Darin steht das Wassergefäfs GH, mit dem Gestelle AB und darin der Becher C von Kork, welcher das Thermometer D trägt. Der zinnerne Cylinder F wird erwärmt, in das Wasser gesenkt, und theilt diesem seine Wärme mit, wodurch es niedersinkt, so lange es spec. schwerer wird, und das Thermometer zeigt die Temperatur an, wobei dieses noch statt findet. Fig. 103.

2 G. XXVII. 263.

3 G. LXXVII. 134.

4 a. a. O. p. 148.

Beobachter	Berechner	Resultate
de Lüc	Biot	3°,42
Gilpin	Biot	4,35
Charles	Biot	3,19
	Paucker	3,88
Lefèvre-Gineau	Lefèvre-Gineau	4,44
Hällström	Hällström	4,35
Rumford	Rumford	4,38
Bischof	Bischof	4,06
Tralles	Tralles	4,35
Hope	Hope	4,35
Hällström	Hällström	4,11

so stimmt das hieraus erhaltene arithmetische Mittel = 4°,02 sehr genau mit jenem obigen Werthe überein. Durch welche mühsame und zusammengesetzte Rechnungen diese Werthe gröſstentheils gefunden sind, mag folgende Untersuchung zeigen.

Da die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten nicht im einfachen Verhältnisse der Temperaturen steht, so zeigte Th. Young [1], daſs sie am bequemsten durch die Formel $\delta = 0{,}0000022\,f^2 - 0{,}00000000472\,f^3$ für Fahrenheitsche Grade ausgedrückt werden könne. Diese Formel haben verschiedene Gelehrte, namentlich Biot [2], und nach diesem Ekstrand [3], mit vielen Erweiterungen Paucker [4] und Hällström [5] benutzt, um die Dichtigkeiten mehrerer Flüssigkeiten bei den verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Eine hiervon abweichende Methode wendet Eytelwein [6] zur Auf-

1 Lectures. II. 392.

2 Traité. I. 212 ff. 412 ff.

3 Dissert. acad. de maxima densitate aquae invenienda. Lund. 1819.4.

4 Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme auf physikal. Beobachtungen u. s. w. Mitau 1819.

5 Vetenskaps Academiens Handlingar för år 1823 daraus in G. LXXVII. 129.

6 G. XXXIX. 221. Man findet hiernach die Dichtigkeit des Wassers = g, die gröſste Dichtigkeit desselben bei 3°,5 R. = 1 gesetzt, und die Grade des achzigtheil. Thermometers = m, durch die Formel:

$$g = 0{,}9999793 + 0{,}00003768\,m - 0{,}0000090779\,m^2.$$

findung der ungleichen Dichtigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen an, es wird hier aber genügen, nur jene ihrem Wesen nach näher zu erörtern, um so mehr, als sie noch außerdem zu manchen interessanten Betrachtungen über das Verhalten der Flüssigkeiten führt[1]. Allgemein kann man sonach die den verschiedenen Temperaturen $= t$ zugehörigen Dichtigkeiten einer Flüssigkeit δt durch eine nach den Potenzen von t steigende Reihe ausdrücken, indem man

$$\delta t = at + bt^2 + ct^3 + dt^4 + \ldots$$

setzt, und dann die Coeffficienten a, b, c, d... aus den Beobachtungen für so viele Potenzen von t bestimmt, als zur genügenden Genauigkeit erfordert werden.

Nimmt man zuerst die oben erwähnten, von de Lüc mit verschiedenen Flüssigkeiten angestellten Versuche in Rechnung, indem er genau calibrirte Thermometer mit denselben füllte, und bei allen den Raum zwischen dem Gefrierpuncte und dem Siedepuncte in 80 Theile theilte, dann ihren Gang mit dem eines genauen Quecksilberthermometers verglich, nennt man ferner die Grade eines solchen, mit irgend einer Flüssigkeit gefüllten, Thermometers DT, die des Quecksilberthermometers $= t$, so ist allgemein

$$DT = At + Bt^2 + Ct^3 + \ldots$$

Nach dieser Formel ist für Wasser

$$DT = -0{,}16\,t + 0{,}0185\,t^2 - 0{,}00005\,t^3$$

mit den Beobachtungen nahe genau übereinstimmend. Sucht man hieraus das Maximum der Dichtigkeit, indem man $\frac{dDT}{dt} = 0$ setzt, so giebt die Gleichung

$$0 = -0{,}16 + 0{,}037\,t - 0{,}00015\,t^2$$

1 Eine ausführliche und gehaltreiche Untersuchung über die Ausdehnung verschiedener Flüssigkeiten, hauptsächlich des Wassers, nebst einer Widerlegung des von Dalton aufgestellten Gesetzes von Avogrado bei Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. I. p. 350 enthält keine neue Thatsachen, und ist daher hier nicht weiter berücksichtigt. Seine Formel ist: $\varrho = g\,[\tau - 2h\,(\sqrt{T+\tau} - \sqrt{T})]$ worin ϱ die Ausdehnung, T die Thermometergrade bezeichnet, von wo aus man die Ausdehnung einer Flüssigkeit mißt, τ die Thermometergrade über diesem Puncte, g und h aber durch Erfahrung zu bestimmende Constanten. Vergl. Dec. II. T. II. p. 419. In der folgenden Darstellung bin ich Biot gefolgt.

zwei Wurzeln, nämlich $t' = 4^\circ{,}402$ und $t'' = 251^\circ$. Die erstere Gröfse, welche das Maximum der Dichtigkeit bei $5^\circ{,}5$ C. setzt, ist wohl etwas zu grofs, welches indefs weniger, wie Biot[1] meint, darin seinen Grund hat, dafs de Lüc luftfreies Wasser anwandte, als vielmehr in der Ungleichförmigkeit der Ausdehnung des Wassers überhaupt zu suchen ist. Ekstrand erhält nach de Lüc und Gilpin

$$DT = -0{,}1888\,t + 0{,}02255\,t^2 - 0{,}00015833\,t^3 + 0{,}000000777\,..\,t^4.$$

woraus das Maximum der Dichtigkeit bei $3^\circ{,}6023$ C. gefunden wird. Nach Paucker dagegen, welcher die sämmtlichen Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadratsumme in Rechnung nahm, ist

$$DT = -0{,}10718396\,t + 0{,}0168720652\,t^2 - 0{,}000038161648\,t^3$$

woraus die Gleichung für das Minimum die zwei Wurzeln $t' = 3^\circ{,}22$ und $t'' = 291^\circ{,}62$ giebt, deren erste $= 4^\circ{,}02$ C. mit den Beobachtungen sehr genau übereinstimmt.

Um aus den de Lüc'schen Beobachtungen die absolute Ausdehnung der Flüssigkeiten zu finden, sey D die scheinbare Ausdehnung derselben zwischen den beiden festen Puncten der 80 theil. Scale, Δt aber die scheinbare Ausdehnung derselben für die Temperatur t in Graden nach R., so ist

$$\Delta t = \frac{D}{80}\,DT,$$ wenn DT seine vorige Bezeichnung beibehält. Heifst aber δt die für die Ausdehnung des Gefäfses corrigirte, also wirkliche Ausdehnung, so ist $\delta t = 3kt + (1 + 3kt)\Delta t$, wenn k die lineare Ausdehnung der Substanz des Gefäfses bezeichnet; und hierin für Δt substituirt ist $\delta t = 3kt + \frac{D(1+3kt)}{80}\,DT$, worin der Werth von DT gesetzt, giebt

$$\delta t = 3kt + \frac{D(At + Bt^2 + Ct^3 + ..)(1 + 3kt)}{80}$$

dann die Multiplication verrichtet

---

1 Traité. I. 223.

$$\delta t = (3k + \frac{DA}{80})t + \left(\frac{B + A\,3k}{80}\right)Dt^2 + \left(\frac{C + B\,3k}{80}\right)Dt^3$$
$$+ \frac{3kCD}{80}t^4$$

wobei das letzte Glied, welches selbst für Wasser bei $t = 80^\circ$ nur 0,000032 des Volumens geben würde, füglich weggelassen werden kann. Setzt man endlich

$$\frac{DA}{80} + 3k = a; \frac{D(B + A\,3k)}{80} = b; \frac{D\,(C + B\,3k)}{80} = c,$$

so ist $\delta t = at + bt^2 + ct^3$ für jeden beliebigen Grad des Thermometers nach R.

Versuche dieser Art werden meistens in gläsernen Gefäfsen angestellt. Die lineare Ausdehnung des Glases beträgt nach Lavoisier und la Place 0,00087572 zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers, mithin für 1° R. k = 0,0000109465, und die kubische 3 k . . . = 0,0000328395, wofür 0,00003284 gesetzt werden können. Um die Formel nach wirklichen Abwägungen zu prüfen, legt Biot folgende von Gilpin und Blagden gefundene Werthe zum Grunde.

Thermometer F.	R.	Volumen d. Wassers	Ausdehnung von 0° an $= \delta t$.
32 =	0,00	1,00000	0,00000
40 =	3,56	0,99988	−0,00012
50 =	8,00	1,00014	0,00014
70 =	16,89	1,00188	0,00188
95 =	28,00	1,00583	0,00583
100 =	30,22	1,00684	0,00684

Nach der Formel $\delta t = 3kt + \frac{D\,(1 + 3kt)}{80}DT$ ist für

$t = 28{,}00$; $DT = 8{,}9264$; $3kt = 0{,}000919$
$t = 30{,}220$; $DT = 10{,}6818$; $3kt = 0{,}000992$.

Aus dem ersteren wird

$$\delta t = 0{,}005829;\ \delta t - 3kt = 0{,}004910$$

also $\frac{dt - 3kt}{1 + 3kt} = 0{,}004905.$

Aus dem zweiten wird

$$\delta t = 0{,}0068409 \; ; \; \delta t - 3\,kt = 0{,}0058485$$

$$\text{also } \frac{\delta t - 3\,kt}{1 + 3\,kt} = 0{,}0058427$$

$$\text{mithin ist } 0{,}004905 = \frac{8{,}9264}{80}\,D$$

$$\text{und } 0{,}0058427 = \frac{10{,}6818}{80}\,D$$

woraus D = 0,0439595 und = 0,0437582; also im Mittel = 0,043859 als Ausdehnung des Wassers zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers gefunden wird. Setzt man

$$\delta\,80 = 80\,.\,3\,k + (1 + 80\,.\,3\,k)\,D$$

so findet man δ 80 = 0,046601 *als* Ausdehnung des Wassers zwischen den festen Puncten des Thermometers, mit Dalton's oben erwähnter Angabe völlig übereinstimmend. Wird ferner

$$\delta\,t = 3\,kt + \frac{D\,(1 + 3\,kt)}{80}\,D\,T$$

hiernach berechnet, so erhält man nach Biot folgende Vergleichung mit den Versuchen von Gilpin und Blagden.

Thermometer F.	R.	Wasser-therm. DT	Wahre Ausdehnung = δt berechnet	beobacht.	Differ.
32° =	0°,00	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
40 =	3,56	-0,3373	-0,00007	-0,00012	+0,00005
50 =	8,00	+0,1220	0,00019	0,00014	-0,00005
70 =	16,89	2,3340	0,00184	0,00188	+0,00004
95 =	28,00	8,9264	0,00581	0,00583	+0,00002
100 =	30,22	10,6818	0,00685	0,00684	-0,00001

Obgleich Beobachtungen und Berechnungen nur unbedeutende Abweichungen zeigen, so verdient doch bemerkt zu werden, dafs diese in der Nähe des Punctes der gröfsten Dichtigkeit am stärksten sind, welches, wie schon bemerkt, darin seinen Grund hat, dafs die Ausdehnung des Wassers bei den diesem Puncte nahe liegenden Temperaturen von derjenigen

bei andern Temperaturen abweicht. Indefs wird hiernach für Wasser gefunden: die Grade eines Wasserthermometers

$$DT = -0{,}16\ t + 0{,}0185\ t^2 - 0{,}00005\ t^3$$

die scheinbare Ausdehnung in gläsernen Gefäfsen:

$$\Delta t = -0{,}000087718\ t + 0{,}0000101424\ t^2 - 0{,}000000027412\ t^3$$

und die wahre Ausdehnung:

$$\delta t = -0{,}000054878\ t + 0{,}0000101395\ t^2 - 0{,}00000002708\ t^3$$

welche Formel das Maximum der Dichtigkeit = 2°,736 R. = 3°,42 C., aus eben angeführtem Grunde von der Wahrheit bedeutend abweichend giebt. Biot[1] entwickelt die nämliche Formel nach den schon erwähnten genauen Versuchen von Charles für die bei 10°; 20°; 30°; 40° und 47°,5 R. gefundenen Ausdehnungen nach einer etwas abgeänderten Methode, und findet

$$\delta t = -0{,}00006207\ t + 0{,}0000101927\ t^2 - 0{,}000000036028\ t^3;$$

woraus das Maximum der Dichtigkeit bei 3°,19 R. = 3,99 C. mit der Wahrheit weit mehr übereinstimmend gefunden wird. Paucker, welcher nach einer andern Methode alle Beobachtungen in Rechnung nimmt, und die Fehlergrenze nach der Methode der kleinsten Quadratsumme berechnet, erhält folgende Formeln

$$DT = -0{,}10718396\ t + 0{,}0168720652\ t^2 - 0{,}000038161648\ t^3$$

$$\Delta t = -0{,}00005876227\ t + 0{,}000009249898\ t^2 - 0{,}000000020921648\ t^3$$

$$\delta t = -0{,}00002592227\ t + 0{,}000009247969\ t^2 - 0{,}00000002061788\ t^3$$

Aus letzterer Formel erhält er das Maximum der Dichtigkeit bei 1°,4081 R. = 1,7602 C. Aus den Versuchen, welche Charles anstellte, findet Paucker dagegen

$$\delta t = -0{,}00006695349\ t + 0{,}00001054956\ t^2 - 0{,}00000004821635\ t^3$$

und hieraus durch eine weitläuftige Rechnung das Maximum der Dichtigkeit bei 4°,8892 .... R. offenbar den Beobach-

1 Traité. I. 425.

tungen nach zu grofs. Hällström erhält aus seinen neuesten Abwägungen durch ähnliche Rechnungen als Paucker und mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme

$$\delta t = 0,00006617375\, t - 0,00000816525\, t^2 + 0,0000000180625\, t^3$$

und für Centesimalgrade

$$\delta t = 0,000052939\, t - 0,0000065322\, t^2 + 0,00000001445\, t^3$$

für die Grade von 0° bis 25°,6 R. oder von 0° bis 32° C. Aus dieser Formel wird der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers bei 4°,108 C. gefunden, mit den directen Messungen offenbar am genauesten übereinstimmend.

Will man endlich die Ausdehnung des Wassers vom Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit an kennen, so darf man die diesem zugehörige Temperatur nur $= (t)$ und allgemein $t = (t) + t'$ setzen, oder mit andern Worten, die Temperaturen von (t) an berechnen. Diese Gröfse in die allgemeine Formel

$$\delta t = a t + b t^2 + c t^3 \ldots \text{ gesetzt,}$$

wird
$$\delta t' = a\,(t) + b\,(t^2) + c\,(t^3) + (a + 2b\,(t) + 3c\,(t^2))\,t' + (b + 3c\,(t))\,t'^2 + c t'^3$$

Die erste Reihe bezeichnet den Werth von δt in dem Falle, dafs $t = (t)$ ist, und möge $\delta\,(t)$ heifsen; die zweite fällt durch die Bedingung weg, wonach (t) bestimmt ist, und es wird also

$$\delta t = \delta\,(t) + (b + 3c\,(t))\,t'^2 + c t'^3$$

worin die beiden letzten Glieder die Ausdehnung, vom Puncte der gröfsten Dichtigkeit an ausdrücken. Hierfür wird aber $t' = 0$ und $1 + \delta\,(t)$ die Einheit des Volumens, wodurch also die Coefficienten von t'^2 und t'^3 dividirt werden müssen. Hiernach wird also

$$\delta t' = \frac{(b + 3c(t))\,t'^2}{1 + \delta\,(t)} + \frac{c\,t'^3}{1 + \delta\,(t)}.$$

Setzt man hierin den von Biot gefundenen Werth für den Punct der gröfsten Dichtigkeit $= 2°,736$ R., so ist

$$(t) = 2°,736 \quad \delta t = -\ 0,0000748.$$

$$\frac{b + 3c\,(t)}{1 + \delta\,(t)} = 0{,}00000991797$$

$$\frac{c}{1 + \delta\,(t)} = -\,0{,}00000002708$$

mithin die Ausdehnung für Grade der 80theil. Scale

$$\delta t' = 0{,}00000991797\ t'^2 - 0{,}00000002708\ t'^3$$

für Centesimalgrade aber, indem man $t'' = \frac{4}{5}\,t'$ macht

$$\delta t'' = 0{,}0000063475\ t''^2 - 0{,}000000013865\ t''^3.$$

Weil aber der hierin angenommene Punct der gröfsten Dichtigkeit von directen Beobachtungen zu sehr abweicht, so ist es auf allen Fall besser, diesen etwa mit EYTELWEIN[1] nahe genau $= 3{,}5$ R. $= 4{,}375$ (mit directen Messungen mehr übereinstimmend, und von $4^\circ{,}4$ C. nicht merklich abweichend) anzunehmen, wonach

$$(t) = 3{,}5\ .\ \delta\,(t) = -\,0{,}000069025$$

$$\frac{b + 3c\,(t)}{1 + \delta\,(t)} = 0{,}00000985584$$

$$\frac{c}{1 + \delta\,(t)} = 0{,}00000002708$$

wird. Hiernach ist dann für die 80theil. Scale

$$\delta t'' = 0{,}0000985584\ t'^2 - 0{,}00000002708\ t'^3$$

und für Grade der hunderttheiligen Scale $= t''$

$$\delta t'' = 0{,}0000063223\ t''^2 - 0{,}000000013865\ t''^3.$$

Die Dichtigkeit, oder das spec. Gewicht der Flüssigkeiten verhält sich bekanntlich umgekehrt wie die Volumina. Nimmt man daher die Dichtigkeit des Wassers bei der dieser zugehörigen Temperatur als Einheit an, so wird sie bei der Temperatur t', mag dieselbe über oder unter der angegebenen Normaltemperatur liegen $= \frac{1}{1 + \delta t'}$ seyn. Zugleich verdient noch angemerkt zu werden, dafs das Wasser, so tief es auch unter dem Gefrierpunct flüssig bleiben möchte, sich stets ausdehnen würde, indem für $-\,t$ in den angegebenen Formeln alle Theile derselben positiv werden.

Die Dichtigkeit und das Volumen des Wassers bei den verschiedenen Temperaturen kommt sehr häufig in Betrachtung, namentlich bei der Bestimmung des spec. Gewichts der Körper. BIOT[2] hat daher eine Tabelle, welche diese Be-

1 G. XXXIX. 229.

2 Traité. I. 425.

stimmungen enthält, für alle Grade der 80theil. Scale aufgenommen, welche indefs die Dichtigkeit bei 0° = 1 setzt, und den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 2°,736 R. annimmt. Indem letzteres aber nach den bisher angestellten Untersuchungen offenbar mit der Erfahrung nicht übereinstimmt, so wird die nachfolgende Tabelle, worin die Dichtigkeiten und die Volumina für alle Grade der hunderttheiligen Scale = t nach der vorstehenden Formel berechnet sind, den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,4 angenommen, den Physikern willkommen seyn [1].

t.	Volum.	Dichtigk.	t.	Volum.	Dichtigk.
1	1,00005419	0,9999458	30	1,00391077	0,9961044
2	1,00002833	0,9999717	31	1,00421245	0,9958054
3	1,00001075	0,9999893	32	1,00452457	0,9954956
4	1,00000151	0,9999985	33	1,00484704	0,9951764
5	1,00000227	0,9999974	34	1,00517977	0,9948466
6	1,00001613	0,9999830	35	1,00552268	0,9945074
7	1,00004250	0,9999573	36	1,00587570	0,9941586
8	1,00008129	0,9999187	37	1,00623876	0,9938000
9	1,00013243	0,9998674	38	1,00661169	0,9934316
10	1,00019583	0,9998042	39	1,00699449	0,9930540
11	1,00027141	0,9997284	40	1,00738707	0,9926670
12	1,00035909	0,9996412	41	1,00778933	0,9922707
13	1,00045878	0,9995414	42	1,00820119	0,9918654
14	1,00057040	0,9994300	43	1,00862256	0,9914512
15	1,00069386	0,9993067	44	1,00905338	0,9910280
16	1,00082908	0,9991717	45	1,00949353	0,9905960
17	1,00097599	0,9990247	46	1,00994297	0,9901547
18	1,00113450	0,9988669	47	1,01040154	0,9897052
19	1,00130451	0,9986970	48	1,01086929	0,9892472
20	1,00148596	0,9985162	49	1,01134601	0,9887812
21	1,00167875	0,9983239	50	1,01183168	0,9883066
22	1,00188281	0,9981207	51	1,01232619	0,9878236
23	1,00209804	0,9979069	52	1,01282948	0,9873332
24	1,00232438	0,9976809	53	1,01334143	0,9868342
25	1,00256173	0,9974416	54	1,01386202	0,9863272
26	1,00281005	0,9971976	55	1,01439109	0,9858130
27	1,00306913	0,9969390	56	1,01492865	0,9852909
28	1,00333903	0,9966720	57	1,01547449	0,9847612
29	1,00361960	0,9963934	58	1,01602865	0,9842240

1 *Sie ist durch den geübten Rechner F. Hofmeister mit Logarithmen* berechnet, und nach den Differenzen controlirt, so dafs sie für durchaus richtig gelten kann.

t.	Volum.	Dichtigk.	t.	Volum.	Dichtigk.
59	1,01659096	0,9856800	80	1,03014343	0,9707384
60	1,01716140	0,9831280	81	1,03086478	0,9700549
61	1,01773984	0,9825690	82	1,03159244	0,9693750
62	1,01832624	0,9820036	83	1,03232623	0,9686860
63	1,01892043	0,9814309	84	1,03306620	0,9679920
64	1,01952250	0,9808512	85	1,03381211	0,9672936
65	1,02013217	0,9802649	86	1,03456405	0,9665906
66	1,02074948	0,9796722	87	1,03532176	0,9658832
67	1,02137428	0,9790730	88	1,03608532	0,9651714
68	1,02200657	0,9784670	89	1,03685451	0,9644554
69	1,02264615	0,9778552	90	1,03762928	0,9637350
70	1,02329306	0,9772370	91	1,03840968	0,9630110
71	1,02394715	0,9766120	92	1,03919550	0,9622826
72	1,02460834	0,9759820	93	1,03998660	0,9615506
73	1,02527652	0,9753466	94	1,04078305	0,9608150
74	1,02595162	0,9747046	95	1,04158462	0,9600754
75	1,02663360	0,9740570	96	1,04239136	0,9593326
76	1,02732233	0,9734044	97	1,04320308	0,9585852
77	1,02801780	0,9727456	98	1,04401978	0,9578362
78	1,02871985	0,9720816	99	1,04484131	0,9570832
79	1,02942840	0,9714129	100	1,04566765	0,9563267

Ausdehnung des Weingeistes.

Auf eben die Weise, als bisher die Ausdehnung des Wassers untersucht ist, läſst sich auch die der übrigen Flüssigkeiten prüfen. Vorzüglich wichtig ist es, die Ausdehnung des *Weingeistes* zu kennen; schon deswegen, weil dieser zu Thermometern genommen wird, und zur Beobachtung sehr niedriger Temperaturen nicht entbehrt werden kann. Sehr wichtig ist in dieser Hinsicht der Ausspruch von Tralles[1], daſs nach seinen vielen, mit gröſster Sorgfalt angestellten Versuchen die Ausdehnung des *absoluten Alkohols* von — 26°,11.. bis 37°,22..C. ganz gleichförmig ist, und für 1° C. 0,000846 seines Volumens beträgt; daſs aber für die ungleiche Ausdehnung von wasserhaltigem Alkohol kein allgemeines Gesetz aufgefunden werden kann. Für jenen können daher nur die ungleichen Ausdehnungen bei Temperaturen, welche über 37° C. hinausgehen, in Betrachtung kommen, worüber es aber noch bis jetzt an Versuchen fehlt. Es belohnt sich daher nicht der Mühe, die weitläuf-

1 G. XXXVIII. 364.

tigen Untersuchungen, welche von de Lüc[1] und andern zur Prüfung des Ganges der Weingeistthermometer angestellt sind, hier zu wiederholen, um so weniger, als der Raum solcher Thermometer zwischen dem Gefrierpuncte und Siedepuncte des Wassers meistens gleichfalls in 80 Theile getheilt wurde, wonach die Ausdehnung in den höheren Graden sehr ungleich werden mufste. Am meisten Aufmerksamkeit verdienen noch diejenigen Bestimmungen von de Lüc, welche er erhielt, als er bei einem Weingeistthermometer den Raum zwischen dem Gefrierpuncte des Wassers und dem Siedepuncte des Weingeistes in 80 Theile theilte, und dann die Grade desselben mit denen eines Quecksilberthermometers verglich[2]. Die hierbei erhaltene Differenzen-Reihe mag zur leichteren Uebersicht hier folgen.

Quecks. therm.	Weing. therm.	Diff.	Quecks. therm.	Weing. therm.	Diff.
80	100,4	7,6	40	44,2	5,9
75	92,8	7,6	35	38,3	5,7
70	85,2	7,4	30	32,6	5,9
66,6	80,00	7,0	25	26,7	5,6
65	77,8	7,1	20	21,1	5,5
60	70,8	6,9	15	15,6	5,0
55	63,7	6,4	10	10,6	4,9
50	56,8	6,2	5	5,7	4,9
45	50,4		0	0,8	

Die Uebersicht der Differenzen führt allerdings gleichfalls auf eine in niedern Temperaturen mehr gleichförmige, in höheren wachsende Ausdehnung. Wird Alkohol mit Wasser in ungleichen Mengen gemischt, so erleidet jede einzelne Mischung eine besondere, mit den Temperaturen wachsende Ausdehnung, ohne dafs sich alle unter ein allgemeines Gesetz bringen lassen. Wegen der Wichtigkeit einer genauen Kenntnifs der Ausdehnung dieser verschiedenhaltigen Mischungen von Alkohol und Wasser zum Behufe der Versteuerung (indem doch eigentlich nur der Alkohol, und nicht das beigemischte Wasser versteuert werden kann, eine ge-

1 Unters. über d. Atm. I. 402.

2 a. a. O. p. 568.

naue Bestimmung der Gehaltigkeit aus dem spec. Gew. aber ohne Kenntnifs der Ausdehnung durch Wärme nicht möglich ist) veranstaltete die Londoner Societät die bekannten Versuche durch GILPIN unter der Leitung von Dr. BLAGDEN, deren Resultate in 102 Tabellen mitgetheilt sind[1]. TRALLES hat dieselben abermals geprüft, und dabei die oben erwähnten Gesetze über die Ausdehnung sowohl des absoluten, als auch des mit Wasser gemischten Alkohols gefunden[2].

Wenden wir die oben bei Wasser gebrauchten Rechnungsmethoden auch auf Alkohol an, mit Beibehaltung der dort gewählten Bezeichnungen, und legen dabei die gleichfalls oben erwähnten Versuche von DE LÜC zum Grunde, so ist für den, von diesem angewandten rectificirten Alkohol, welcher Schiefspulver zündete, und auch für solchen, welcher ein wenig mehr Wasser enthielt, nach BIOT

$$DT = 0{,}784\,t + 0{,}00208\,t^2 + 0{,}00000775\,t^3$$

gleichfalls mit den Beobachtungen sehr nahe übereinstimmend, selbst auch für Grade unter dem Gefrierpuncte. Diese Formel giebt für das Maximum der Dichtigkeit

$$0 = 0{,}784 + 0{,}00416\,t + 0{,}00002325\,t^2,$$

zwei imaginäre Wurzeln, wonach also bei dieser Flüssigkeit kein solches Maximum statt findet, vielmehr wird dieselbe bei abnehmender Temperatur stets fortfahren sich zusammenzuziehen. Nach PAUCKER[3] ist für den von de Lüc gebrauchten Alkohol nach seiner Rechnung

$$DT = 0{,}77655803\,t + 0{,}002309379\,t^2 + 0{,}0000006072272\,t^3.$$

die Gleichung für das Maximum der Dichtigkeit, $\frac{dDT}{dt} = 0$ giebt

$$0 = 0{,}7766 + 0{,}00461876\,t + 0{,}00000182166\,t^2$$

woraus die beiden Wurzeln — 180,68 und — 2354 gefunden werden. Wollte man diese mit den Resultaten der Rechnung nach Biot zusammenstellen, so liefse sich folgern, dafs der Weingeist bei — 180°,68 R. noch flüssig seyn,

1 Phil. Trans. 1794 I. 275. Gren N. J. II. 365.

2 Vergl. *Gewicht spec.*

3 a. a. O. p. 14.

und bis zu dieser Temperatur sich gleichmäſsig zusammenziehen, dann aber noch weiter bis — 2354° R. sich zusammenziehen müsse; allein zu solchen Schlüssen sind die Beobachtungen nicht scharf genug, wiewohl Paucker's Formel mit denselben noch genauer, als Biot's übereinstimmt. Dagegen aber ergiebt diese Betrachtung, daſs zwischen Quecksilber- und Weingeist-Thermometern, wenn letztere nicht mit absolutem Alkohol gefüllt und wenn beide zwischen dem Gefrierpuncte und Siedepuncte des Wassers in 80 Grade getheilt sind, keine Uebereinstimmung statt finden kann, wie auch aus den Beobachtungen von de Lüc unmittelbar folgt, indem dieser für + 10° des Quecksilberthermometers 7,°9 des Weingeistthermometers und für — 10° an jenem — 7,7 beobachtete, für welche Gröſsen die Rechnung + 8,05 und — 7,64 mit den Beobachtungen sehr nahe übereinstimmend giebt. Thermometer, mit solchem Weingeiste gefüllt, müſsten nach der angegebenen Formel graduirt werden.

Von den verschiedenen Mischungen des Alkohols mit Wasser untersuchte de Lüc auf die angegebene Weise die aus gleichen Theilen beider Flüssigkeiten bestehende. Aus den Resultaten findet Biot

$$DT = 0,705333t + 0,00275t^2 + 0,000011667t^3$$

Die Formel für diese Mischung, mit den Beobachtungen gut übereinstimmend, giebt kein Maximum der Dichtigkeit, indem man gleichfalls zwei imaginäre Wurzeln erhält. Sind dagegen 3 Theile Wasser mit 1 Th. Alkohol gemischt, wofür

$$DT = 0,010333t + 0,0155277t^2 - 0,000039444t^3$$

wird, und mit den Beobachtungen gut übereinstimmt, so ist der Einfluſs des Wassers schon so stark, daſs ein Maximum der Dichtigkeit statt findet. Die Formel dafür nämlich:

$$0 = 0,010333 + 0,0310554t - 0,000118333t^2$$

giebt — 0°,333 und + 263. Das Maximum der Dichtigkeit, welches hiernach nahe bei dem Gefrierpunct fällt, zeigt sich auch durch die geringe Ausdehnung der Flüssigkeit bei dieser Temperatur, indem ein mit derselben gefülltes, mit der 80theil. Scale versehenes Thermometer bei 10° des Quecksilberthermometers nur 1°,4 zeigt.

Ohne die Gesetze der Ausdehnung des gemischten Alkohols weiter zu verfolgen, verdienen die des absoluten, oder

nahe absoluten noch eine nähere Untersuchung. GILPIN und BLAGDEN[1] beobachteten folgende wirkliche Ausdehnungen des Alkohols, dessen spec. Gew. nach TRALLES[2] 0,8250 betrug.

Grade d. Quecks. Therm. F.	R.	Beobachtete Volum.	Ausdehnungen
32	0	1,000000	0,000000
50	8	1,010003	0,010003
70	16,89	1,021750	0,021750
95	28,00	1,037369	0,037369
100	30,22	1,040525	0,040525

Um hieraus die Ausdehnung = D zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers zu bestimmen, darf man nur in der oben beim Wasser gegebenen Formel

$$\delta t = 3kt + \frac{D(AT + BT^2 + CT^3)}{80}(1 + 3kt)$$

einen, oder größerer Genauigkeit wegen, mehrere der gefundenen Werthe substituiren. Es ist demnach

$t = 28{,}000$; $At + Bt^2 + Ct^3 = 23{,}753$; $3kt = 0{,}00091952$.

$t = 30{,}222$; $At + Bt^2 + Ct^3 = 25{,}808$; $3kt = 0{,}00099248$.

woraus man erhält für $t = 28{,}000$:

$\delta t = 0{,}037369$; $\delta t - 3kt = 0{,}036449$

also $\frac{\delta t - 3kt}{1 + 3kt} = 0{,}036416$

und für $t = 30{,}222$

$\delta t = 0{,}040525$; $\delta t - 3kt = 0{,}039533$

also $\frac{\delta t - 3kt}{1 + 3kt} = 0{,}039494$.

Dieses in der Formel substituirt, erhält man

$$0{,}036416 = \frac{23{,}753\,D}{80}; \quad 0{,}039494 = \frac{25{,}808\,D}{80}$$

Aus ersterem ist D = 0,122649

Aus letzterem = 0,122424

1 Biot Traité. I. 226.

2 G. XXVIII. 357.

woraus im Mittel 0,122536 als scheinbare Ausdehnung des Alkohols zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers folgt. Will man hieraus die wirkliche berechnen, so ist für diesen genannten Temperaturunterschied

$$\delta t = 3kt + (1 + 3kt)\Delta t$$

$$\begin{aligned}\delta 80 &= 3k.80 + (1 + 3k.80)\,D \\ &= 240k + (1 + 240k)\,0{,}122536 \\ &= 0{,}1254852.\end{aligned}$$

Vergleichen wir diese Gröſse mit der oben angegebenen, von Tralles für absoluten Alkohol gefundenen = 0,000846 für 1° C, woraus bei gleichmäſsiger Ausdehnung bis zum Siedepuncte D = 0,0846 folgen würde; so zeigt sich eine groſse Differenz, welche wohl weniger der Reinheit des angewandten Alkohols, als vielmehr der gröſseren Ausdehnung desselben bei höheren Temperaturgraden beizumessen ist, weswegen auch nach der richtigen Ansicht von Tralles kein absoluter Ausdruck für die Ausdehnung des Weingeistes für die ganze Temperaturdifferenz zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers gefunden werden kann. Indeſs sucht Biot dennoch eine genauere Uebereinstimmung zwischen der Rechnung und den Versuchen von Gilpin und Blagden nachzuweisen, welches auch in sofern ganz erklärlich ist, als die letzteren innerhalb der Temperaturdifferenz von 0° bis 30° R. liegen, die Gröſse der Differenzen aber mit den Temperaturen wachsen muſs. Indem Biot[1] nämlich den für D gefundenen Werth in der Formel

$$\delta t = 3kt + \frac{D}{80}(At + Bt^2 + Ct^3)(1 + 3kt)$$

substituirt, findet er:

Thermometer F.	Thermometer R.	Weing. Therm. D T nach Rech.	Ausdehnung von 0° an: berechnet	beobacht.	Differ.
32	0,00	0,001	0,00000	0,00000	0,00000
50	8,00	6,409	0,01008	0,01000	- 0,00008
70	16,89	13,939	0,02191	0,02175	- 0,00016
95	28,00	23,753	0,03733	0,03737	+0,00004
100	30,22	25,808	0,04056	0,04053	- 0,00003

1 a. a. O. p. 228.

Die an sich unbedeutenden, bald positiven bald negativen Differenzen beweisen allerdings die Genauigkeit der Formel. Wäre die Ausdehnung des Alkohols übrigens gleichmäfsig, so würde dieselbe, nach dem zwischen 0° und 30°,22 R. gefundenen Werthe zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers 0,107293 betragen, welche Gröfse hinter dem oben für D gefundenen Werthe zurückbleibt, den von Tralles aus seinen Beobachtungen bei niederen Temperaturen gefundenen = 0,0846, aber bedeutend übertrifft, ein aus der Natur der Sache folgendes Resultat. Uebersieht man indefs dieses, von Tralles sehr richtig angegebene, aus einer in niederen Temperaturen gleichförmigen, in höheren ungleichförmigen Ausdehnung des Alkohols entspringende Hindernifs eines festen Gesetzes seiner Ausdehnung bei allen Temperaturen unter dem Siedepuncte des Wassers; so sind nach Biot nahe genau für Alkohol von 0,8250 spec. Gewicht

1. Die Grade des Weingeistthermometers = DT verglichen mit denen eines Quecksilberthermometers = t mit 80theil Scale

$$DT = 0{,}784t + 0{,}00208t^2 + 0{,}00000775t^3.$$

2. Die scheinbare Ausdehnung desselben in gläsernen Gefäfsen

$$\Delta t = 0{,}00120085t + 0{,}00000318593t^2 + 0{,}00000001187t^3$$

3. Die absolute Ausdehnung desselben

$$\delta t = 0{,}00123369t + 0{,}00000322537t^2 + 0{,}00000001198t^3$$

Biot prüft diese Formeln vermittelst der Versuche Dalton's, welcher die Ausdehnung des Alkohols in gläsernen Gefäfsen von — 17°,78 bis 62°,22 R. mafs. Weil hierbei ein Theil der Grade unter 0 liegt, mithin negativ ist, so wird für — 17°,78 bis 0°

$$\Delta t = -0{,}0213511 + 0{,}001006847 - 0{,}00006672 = -0{,}0204100$$

für 0° bis 62°,22

$$\Delta t = 0{,}0747169 + 0{,}01232900 + 0{,}0028592 = +0{,}0899051$$

also die Ausdehnung zwischen — 17,78 und 62°,22 R.

$= 0{,}1103151$. Dalton fand durch seine Versuche $0{,}110$, also völlig übereinstimmend [1].

Ausdehnung sonstiger Flüssigkeiten.

Aus de Lüc's Messungen der Ausdehnung des *Olivenöls* findet Biot für diesen

$$DT = 0{,}950667t + 0{,}00075t^2 - 0{,}000001667t^3.$$

In einer kaltmachenden Mischung von $-14°$ R. zeigte das Oelthermometer nahe gleich viele Grade, so lange das Oel flüssig war. Die Formel giebt für $-t = 14° \ldots\ldots DT = -13{,}21$. Wenn aber das Oel gestand, so sank es tief herab, und stieg auch bei erhöheter Wärme nicht, bis es wieder flüssig geworden war, und dann bald wieder seinen ursprünglichen Gang befolgte. Sucht man den Punct der gröſsten Dichtigkeit, so giebt $\frac{dDT}{dt} = 0$:

$$0 = 0{,}950667 + 0{,}0015t - 0{,}000005t^2,$$

deren Wurzeln für das Minimum $= -311°{,}1$ und für das Maximum $= +611°{,}1$ beide auſserhalb derjenigen Temperaturen liegen, wobei das Oel noch tropfbar flüssig ist. Paucker findet:

$$DT = 0{,}95713302 + 0{,}0005221126t^2 - 0{,}000000091202t^3.$$

Sucht man hieraus das Maximum der Dichtigkeit, so giebt $\frac{dDT}{dt} = 0$ die Gleichung:

$$0 = 0{,}95713302 + 0{,}0010442252t - 0{,}000000273606t^2$$

deren beide Wurzeln $= 188930°{,}8$ und $192722°{,}2$ beide auſser den Grenzen jeder denkbaren Temperatur liegen.

Für *Kamillenöl* ist nach de Lüc's Versuchen und Biot's Rechnung:

---

[1] In Dalton's Neu. Syst. d. chem. Theils d. Nat. I. 43. ist die Ausdehnung zwischen den genannten Temperaturen $= \frac{1}{9} = 0{,}111\ldots$ angegeben, eine allerdings überraschende Genauigkeit, welche daraus erklärlich wird, daſs bei den Gilpinschen und Daltonschen Versuchen nahe absoluter Alkohol angewandt, die Ausdehnung aber nicht bis zur Siedehitze desselben untersucht wurde.

$DT = 0{,}9204416\,t + 0{,}0013056\,t^2 - 0{,}000003889\,t^3$,
welche Formel die Grade mit denen durch Versuche gefundenen sehr nahe übereinstimmend giebt. Die Werthe für das Maximum und Minimum der Dichtigkeit sind $-189°$ und $+413°$, woraus folgt, daſs diese Substanz gesteht, ohne sich auszudehnen.

Für *Serpoletöl* ist auf gleiche Weise

$$DT = 0{,}949336\,t - 0{,}0001667\,t^2 + 0{,}00001\,t^3.$$

Hierfür giebt die Differenzialgleichung:

$$0 = 0{,}949336 - 0{,}0003334\,t + 0{,}00003\,t^2$$

zwei imaginäre Wurzeln, so daſs also kein Maximum und kein Minimum statt findet.

Für *gesättigte Salzsole* endlich ist

$$DT = 0{,}820006\,t + 0{,}0020275\,t^2 + 0{,}000002775\,t^3$$

mit den Beobachtungen genau übereinstimmend. De Lüc beobachtete eine Ausdehnung vor dem Gefrieren, die Gleichung für das Maximum der Dichtigkeit ist aber

$$0 = 0{,}820006 + 0{,}004055\,t + 0{,}000008325\,t^2,$$

deren Wurzeln beide imaginär sind, wonach es also kein Maximum der Dichtigkeit geben kann. Dieser scheinbare Widerspruch fällt indeſs weg, wenn man berücksichtigt, daſs vor dem Gestehen das aufgelösete Salz ausgeschieden wird, die beobachtete Ausdehnung daher dem nicht mit Salz gesättigten Wasser zukommt. Man sieht aus dieser Uebersicht, daſs zwar bereits viel zur Auffindung der Gesetze der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten geschehen, aber auch noch viel zu thun übrig ist.

C. Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten.

Unter den expansibelen Flüssigkeiten ist hauptsächlich die Ausdehnung der atmosphärischen Luft oft und auf verschiedene Weise untersucht, vorzüglich deswegen, weil man sie als thermoskopisches Mittel anwenden wollte, und ausserdem war die Auffindung dieses Gesetzes wichtig für barometrische Höhenmessungen und für die Berechnung der astronomischen Strahlenbrechung. Die Unvollkommenheit der gebrauchten Apparate, mindere Sorgfalt beim Experimentiren und die Nichtentfernung der Feuchtigkeit aus der unter-

suchten Luft macht indefs eine Menge Versuche unzuverlässig.

Zuerst mafs Amontons [1] zur Regulirung seines Normalthermometers die Ausdehnung der Luft zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers, und fand diese als endliches Resultat = 0,380, das Volumen derselben bei 0° = 1 gesetzt. Seine, wie das Resultat zeigt, sehr genauen Versuche wurden mit abgeänderten Apparaten wiederholt durch Nuguet [2], welcher aber einmal eine doppelte, und das anderemal sogar eine sechszehnfache Audehnung der Luft durch 80° R. Wärme erhielt. Wenig besser fand la Hire [3] diese Gröfse vermittelst des Amontonschen Apparates zuerst = 1,5, später aber = 3,5, und glaubte daher, die Natur der Luft sey überhaupt noch zu wenig bekannt, um dieses Gesetz genau aufzufinden. Richtiger dagegen erhielt Hawksbee [4] diese Gröfse = 0,455; Crucquius [5] = 0,411; Poleni [6] nur = 0,333; Bonne [7] vermitteltst des Manometers = 0,462, und Musschenbroek [8] = 0,500, welcher Angabe Desagüliers [9] und Nollet [10] beitraten. Um so merkwürdiger bei diesen grofsen Abweichungen ist die genaue Uebereinstimmung des durch Lambert [11] erhaltenen Resultates mit denen der neuesten und besten Versuche, indem dieser die Ausdehnung der trocknen Luft = 0,375 angiebt. Weniger von der Wahrheit sich entfernend sind die später gefundenen Gröfsen. Durch Barometermessungen bei verschiedenen Temperaturen fand de Lüc [12] die Ausdeh-

1 Mém. de Par. 1699, 1702 und 1703. p. 200.
2 Mém. de Trevoux 1705. Oct.
3 Mém. de l'Ac. 1708. p. 274.
4 Physico-mechanical Exper. p. 170. Phil. Tr. XXVI. 95.
5 Phil. Tr. 1720—23.
6 Lambert Pyrom. p. 42.
7 Lalande Astron. II. 545.
8 Instit. Phys. p. 593.
9 Phil. Tr. n. 407.
10 Leçons de Phys. III. 251.
11 Pyrom. p. 47.
12 Unters. üb. d. Atm. II. 128 ff. Recherches sur les Modif. etc. IV. ch. 5.

nung der Luft = 0,372; J. T. Mayer[1] durch Versuche = 0,3755; Shuckburg[2] bestimmt diese Gröfse = 0,437; Roy[3] durch eine grofse Reihe von Versuchen mit dem Luftthermometer = 0,4122, wobei er zugleich gefunden haben wollte, dafs der Coefficient der Ausdehnung der Luft für verschiedene Temperaturen und Dichtigkeiten derselben verschieden sey.

Ein indirectes Mittel, die Ausdehnung der Luft zu bestimmen, wurde aus der astronomischen Strahlenbrechung hergenommen, indem die Luft das Licht bei seinem Durchgange durch dieselbe weniger bricht, wenn sie dünner ist. Tob. Mayer nämlich fand, dafs die lichtbrechende Kraft der Luft durch eine Wärmezunahme von 10° R. um $\frac{1}{22}$ abnähme, wonach die Ausdehnung derselben zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,3656 seyn würde[4]. Diese Gröfse ist etwas zu klein. Indefs bemerkt Gilbert[5] scharfsinnig, dafs Lichtenberg auf Mayers Thermometer den Siedepunct bei 82°,5 gefunden habe, und wenn er sich eines solchen bediente, so würde jene Gröfse = 0,377 werden, welches den genauesten späteren Bestimmungen sehr nahe kommt. Diesem ähnlich ist der Coefficient der Ausdehnung der Luft, welchen Kramp[6] aus den Resultaten der astronomischen Strahlenbrechung ableitet, nämlich 0,381.

Indefs bediente man sich statt dieses indirecten Mittels stets wieder der directen. Hierdurch fand Saussure[7] vermittelst des Manometers 0,339; Vandermonde, Berthollet und Monge[8] nach neuen Versuchen 0,4328; gro-

---

1 Ueber d. Ausmessen der Wärme u. s. w. p. 86. Vergl. Gilbert's Berechnungen Ann. XXV. 396.

2 Phil. Tr. LXVII. 513.

3 Ebend. p. 689. Vergl. Robison's System of Mech. Phil. III. 669.

4 J. T. Mayer de refractionibus astron. Altd. 1781. Montucla Hist. des Math. IV. 135. Vergl. Kramp Analyse des refract. astron. p. 14.

5 Ann. XIV. 279.

6 Geschichte d. Aërost. I. 112.

7 Essay sur l'Hygrom. p. 108. Deut. Ueb. p. 132.

8 Mém. de l'Ac. 1786. p. 36.

ses Aufsehen aber mufste es erregen, als Priestley[1] den so oft bestimmten Coefficienten = 0,9375 fand[2]. Noch wohl merkwürdiger aber ist es, dafs die Versuche, welche de Morveau zur endlichen Berichtigung dieser verschiedenen Angaben mit Prieur du Duvernois über die Ausdehnung der Luft, des Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserstoffgas, kohlensauren, salpetrigsauren und Ammoniakgas anstellte, nicht blofs dieses nämliche Resultat gaben, sondern auch die früher behauptete ungleiche, mit den Temperaturen steigende Ausdehnung dieser verschiedenen expansibelen Flüssigkeiten unter sich und bei wachsenden Temperaturen bestätigten[3]. Die Ausdehnung der atmosphärischen Luft sollte nämlich seyn

von 0° bis 20° R. . . .	0,0789
20 „ 40 „	0,1781
40 „ 60 „	0,2794
60 „ 80 „	0,4004
von 0° bis 80° R. . . .	0,9368.

Prony[4] hat nach diesen Versuchen eine allgemeine Formel entworfen, und eine Tabelle der Ausdehnungen berechnet, welche Formel indefs durch Trembley[5] mit Recht einer genauen Kritik unterworfen ist. Viele Sorgfalt verwandte Sulzer[6] auf seine Versuche, und erhielt daher auch richtigere Resultate, indem er die gesuchte Gröfse = 0,468 fand. Zu diesen älteren Bestimmungen läfst sich noch die Angabe Achards[7] zählen, welcher einen Unterschied zwi-

1 Exper. and Observ. V. Sect. 32. VII. Sect. 6.

2 Priestley stellte seine Versuche aufser mit atmosphärischer Luft auch mit Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserstoffgas, Salpetergas, Kohlensäure, salzsaurem, schweflichsaurem, flufssaurem und Ammoniakgas an, und fand die Ausdehnungen bei allen verschieden. Eben diese, aufser schweflichsaurem und flufssaurem Gas wurden auch durch de Morveau untersucht.

3 Ann. de Chim. I. 256. Gren J. I. 293.

4 Journ. Polytech. I. 37. Neue Architect. Hydraul. übers. v. Langsdorf. Frankf. 1795. 2 Vol. 4. I. §. 521. u. Tab. 6. Scherer Journ. VIII. 245.

5 Mém. de Berl. 1798. p. 38.

6 Ebend. 1750. p. 124.

7 Ebend. 1786. p. 19 ff. Es ist seltsam, dafs Saussüre die Ausdehnung der trocknen Luft gröfser gefunden haben wollte, als der

schen der Ausdehnung der feuchten und trocknen Luft wahrgenommen haben will.

Die Ursache einer so großsen Verschiedenheit der Resultate, welche einzeln zu beschreiben oder kritisch zu prüfen zweckwidrig seyn würde, liegt sowohl in der minderen Genauigkeit im Experimentiren und der Schwierigkeit der Aufgabe, als auch vorzüglich darin, daſs etwas Feuchtigkeit mit der angewandten Luft verbunden oder in den Apparaten zurückgeblieben war, aus welcher daher durch Vermehrung der Wärme stets neue Quantitäten expansibeler Flüssigkeiten nach den Gesetzen der Dampfbildung entstehen muſsten. Eigentlich verdienen daher nur die späteren, mit groſser Sorgfalt angestellten Versuche eine nähere Berücksichtigung, beweisen indeſs zugleich die groſse Genauigkeit von einigen der älteren.

Um die zuletzt genannten, so vielen früheren widersprechenden, Resultate der Versuche von Morveau und Düvernois zu prüfen, unterwarf G. G. Schmidt [1] das Verhalten sowohl der trocknen, als auch der feuchten Luft und der verschiedenen Gasarten bei verschiedenen Temperaturen einer neuen gründlichen Untersuchung. Einiger Mangel der Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Versuche lassen sich aus der von ihm befolgten, genau angegebenen Methode leicht erklären. In der Hauptsache aber geben dieselben folgende wesentliche Resultate: 1. die Ausdehnung der atmosphärischen Luft ist von 0° bis 160° R. *gleichförmig*, und beträgt zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers 0,3574 des Volumens bei 0° R. 2. Auch das Sauerstoffgas dehnt sich regelmäſsig, und zwar um 0,3213 seines Volumens durch die genannte Temperaturdifferenz aus. 3. Bei Wasserstoffgas, kohlensaurem und Stickgas ist die Ausdehnung sehr nahe regelmäſsig, und beträgt bei dem ersteren 0,4400, bei dem andern 0,4352 und

---

feuchten. Achard sagt dagegen: Après m'être assuré, que par des degrés de température égaux l'air a un plus grand dégré d'élasticité ou d'expansibileté, lorsqu'il est combiné avec un plus grand nombre de parties aqueuses etc.

1 Gren N. J. IV. 320 und 370.

bei dem dritten 0,4787 des ursprünglichen Volumens für die Temperaturdifferenz zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers. 4. Die Ausdehnung der feuchten Luft ist gröſser als die der trocknen, und beträgt bei 100° des Hygrometers für 80° R. 2,35740 des ursprünglichen Volumens bei 0°.

Später hat ebenderselbe abermals Versuche mit einem Luftthermometer angestellt, und als Mittel aus allen mit Einschluſs der Correction wegen der Ausdehnung des Gefäſses die Gröſse der Ausdehnung zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,3819 bis 0,3849 gefunden. Zwei schätzbare Reihen correspondirender Beobachtungen desselben am Thermometer, Barometer und Manometer (eigentlich Dasymeter), also nach einer sonst nicht angewandten Methode, gaben jene Gröſse für gemeine atmosphärische Luft = 0,38536 bis 0,3928 [1].

Erwähnung und Beachtung verdienen gewiſs auch diejenigen Versuche, welche der Oberkaplan Luz zu Gunzenhausen angestellt hat [2]. Er bediente sich hierzu eines Manometers aus einer genau calibrirten Röhre mit einer angeblasenen Kugel bestehend, deren Inhalt er durch Abwiegen mit Quecksilber scharf bestimmte, und die er mit Quecksilber auskochte, um die etwa anhängende Feuchtigkeit wegzuschaffen. Dann füllte er den Apparat mit der zu messenden Luft, sperrte diese durch etwas Quecksilber, senkte Kugel und Röhre bis an das sperrende Quecksilber in Eis, bezeichnete den Standpunct mit 0, und maſs dann die Ausdehnungen von 10 zu 10 Graden R., wobei er folgende Resultate erhielt, das Volumen bei 0° = 1 gesetzt:

1 Hauf physiocratischer Briefwechsel St. I. Vergl. Schmidt Handb. d. Naturl. I. 274.

2 Vollständige Beschreibung aller Barometer u. s. w. Nürnberg 1784. p. 416.

Grade nach R.	Ausdehnungen					
	mit Salzen getr. Luft	Differ.	gemeine Luft von 50° Sauss. Hygr.	Differ.	Ganz feuchte Luft	Differ.
		0,0470		0,0490		0,0480
10	0,0470		0,0490		0,0480	
		0,0495		0,0535		0,0630
20	0,0965		0,1025		0,1110	
		0,0463		0,0555		0,0840
30	0,1528		0,1580		0,1950	
		0,0472		0,0470		0,0955
40	0,1900		0,2050		0,2905	
		0,0480		0,0470		0,0825
50	0,2380		0,2520		0,3730	
		0,0480		0,0470		
60	0,2860		0,2990			
		0,0460		0,0450		
70	0,3320		0,3440			
		0,0455		0,0395		
80	0,3775		0,3835			

Die Versuche gehören unstreitig zu den genauesten, welche überhaupt angestellt sind, und verdienen selbst den späteren von Dalton und Gay-Lüssac an die Seite gesetzt zu werden. Als Resultat folgt aus denselben:

1. Die Ausdehnung der völlig trocknen Luft ist durchaus regelmäſsig, und beträgt zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers mit Einschluſs der Correction wegen des Glases 0,38202, oder wenn man wegen des Barometerstandes = 27'', bei welchem das Thermometer graduirt war, und zur Ausgleichung der Fehler nahe beim Siedepuncte aus den Differenzen von 0° bis 70° das arithmetische Mittel = 0,04742 sucht, dieses mit 8 multiplicirt und für die Ausdehnung des Glases corrigirt; 0,38352.

2. Gewöhnliche feuchte Luft scheint sich in den niederen Temperaturen stärker auszudehnen, als trockne. Können die Beobachtungen für völlig genau angesehen wer-

den, so berechtigen sie zu der Folgerung, dafs feuchte Luft, oder solche, welcher viele Wasserdämpfe beigemischt sind, sich in den niederen Graden der Temperatur stärker, als trockne, ausdehnt, und dafs diese gröfsere Ausdehnung keine Folge von beigemischtem tropfbar flüssigen Wasser ist. Es folgt dieses daraus, dafs die Differenzen der Ausdehnung von 0° bis 30° wachsen, da doch die Luft sicher unter 20° R. aufgefangen war, und daher der Condensationspunct der enthaltenen Wasserdämpfe *unter* dieser Temperatur, wahrscheinlich aber nicht höher als etwa 10 bis 12 Gr. R. lag.

Diejenigen Versuche, welche in den neuesten Zeiten fast allein und ausschliefslich als gültig und vollkommen genügend angesehen wurden, sind durch Gay-Lussac und Dalton angestellt, und insbesondere werden die durch ersteren erhaltenen Gröfsen fast ohne Ausnahme bei allen Berechnungen zum Grunde gelegt[1]. Dieser bediente sich eines Ballons D mit einem etwas verlängerten Halse, an welchem sich entweder eine eiserne Fassung mit einem Hahn befand, oder dessen Ende mit einer feinen Theilung versehen war. Die Mündung des Halses wurde in einer kleinen Wanne mit Quecksilber MC gesperrt, und der Apparat so gehalten, dafs vermittelst der aufgetragenen Theilung die Höhe genau bestimmt werden konnte, bis zu welcher die Luft, ohne durch einen gröfseren Druck, als den der Atmosphäre, zusammengedrückt zu seyn, denselben füllte. Die andern Gasarten, aufser der atmosphärischen Luft, wurden vermittelst einer krummgebogenen, mit der oberen Mündung einer Glocke verbundenen Röhre T in den Ballon gebracht, indem diese, mit der zu prüfenden Gasart gefüllt, in ein Gefäfs mit Wasser (oder Quecksilber?) eingetaucht wurde, wobei das Gas durch die krummgebogene Röhre in den Ballon entweichen mufste. Eine ähnliche krummgebogene, mit dem einen Schenkel in die Mündung des Ballons gebrachte, mit der andern durch Quecksilber leicht gesperrte Röhre B verstattete der Luft im Ballon bei der Erhitzung ohne Hinder-

Fig. 104.

Fig. 105.

Fig. 104.

1 Ann. de Chim. XLIII. 137 ff. G. XII. 255. Pfaff u. Friedländer's Neueste Entd. franz. Gel. 1803. II. 25.

nifs zu entweichen. Der so vorgerichtete Ballon wurde dann nebst dem sperrenden Quecksilber in einem Gefäfse mit Wasser bis zur Siedehitze durchaus erwärmt, erkaltete demnächst bis zum Gefrierpuncte, wodurch statt der ausgetriebenen Luft Quecksilber eindringen mufste, und dann wurde dieses, und dasjenige, welches den Ballon *ganz* füllte, genau gewogen, wodurch das Verhältnifs der Ausdehnung gegeben war. Sechs auf diese Weise mit atmosphärischer Luft angestellte Versuche gaben die Ausdehnung derselben zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,374; 0,376; 0,3744; 0,3755; 0,3748; 0,3757, also im Mittel 0,375. Bei Wasserstoffgas aus Eisen und sehr verdünnter Schwefelsäure wurde die Ausdehnung in zwei Versuchen = 0,3749 und 0,3756 gefunden; bei Sauerstoffgas = 0,3747; 0,3754; 0,3745, bei Stickgas = 0,3742; 0,3756; 0,3750; 0,3746; 0,3755.

Um die im Wasser auflöslichen Gasarten zu untersuchen bediente sich der nämliche Gelehrte eines sehr einfachen Apparates. Zwei Glasröhren T T, aus *einem* Cylinder geschnitten, wurden vermittelst eines kleinen Gefäfses mit Quecksilber graduirt, und mit gleichen Abtheilungen bezeichnet, dann in einer kleine Quecksilberwanne A C bis zu gleichen Abtheilungen die eine mit atmosphärischer Luft, die andere mit einer andern Gasart gefüllt, und bei verschiedenen Wärmegraden beobachtet. Es zeigte sich indefs nicht die mindeste Verschiedenheit der Ausdehnungen bei beiden, vorausgesetzt, dafs sie völlig trocken in die Röhren kamen. Auf diese Weise wurden untersucht *kohlens. Gas, salzs. Gas, schweflichts.* und *Salpetergas*, auch zeigte *Ammoniakgas*, wenn es hinlänglich getrocknet war, keine gröfsere Ausdehnung als atmosphärische Luft. Indem hierdurch also bewiesen war, dafs das Volumen aller permanent elastischer Gasarten sich durch gleiche Zunahmen der Wärme um gleiche Gröfsen vermehre, so führte dieses zu der Vermuthung, dafs auch die *Dämpfe* dem nämlichen Gesetze unterworfen wären, welcher Satz durch einen directen Versuch mit dem zuletzt beschriebenen Apparate durch Vergleichung des Verhaltens von *Schwefelätherdampf* mit atmosphärischer Luft unmittelbar bestätigt wurde.

Fig. 106.

Bei der Erzählung dieser Versuche muſs es allerdings auffallen, daſs alle einzelnen, so genau übereinstimmenden, Resultate angegeben sind, ohne daſs irgendwo von der nothwendigen Correction wegen der Ausdehnung des Glases die Rede ist. Unmöglich lieſs sich vermuthen, daſs Gay-Lüssac für jede einzelne Beobechtung diese Gröſse mit berechnet, und dieses nicht vielmehr erst bei dem arithmetischen Mittel aus allen gethan haben sollte. Es war daher natürlich, daſs gründliche deutsche Physiker, namentlich Gilbert[1], diese Correction hinzufügten. Man hat indeſs seitdem der Autorität des de la Place[2] getrauet, welcher versichert, daſs Gay-Lüssac diese Correction selbst hinzugefügt habe.

Schon früher als diese Versuche angestellt wurden, beschäftigte sich Dalton mit dem nämlichen Gegenstande, und machte die erhaltenen, nahe mit jenen übereinstimmenden Resultate bekannt[3]. Diese wurden auf die Weise angestellt, daſs Luft über Schwefelsäure getrocknet, in graduirten gläsernen Röhren einer verschiedenen Temperatur ausgesetzt, und die dann beobachtete Ausdehnung derselben gemessen wurde. Als Resultat will Dalton erhalten haben, daſs trockne Luft sich durch eine Temperaturerhöhung von 157° F. um 0,321 ihres Volumens ausdehnt. Hierzu setzt er noch 4 Theile für das Glas, wonach also 0,325 Theile für 157° F. gehören, mithin bei gleichförmiger Ausdehnung 0,373 Theile für 180° F. Allein eben die gleichförmige Ausdehnung will Dalton, seinen theoretischen Ansichten zuwider, nicht beobachtet, vielmehr eine mit der Temperatur abnehmende gefunden haben. Darin stimmen aber seine Resultate vollkommen mit denen von Gay-Lüssac überein, daſs auch Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, kohlensaures und Salpetergas, mithin der Analogie nach alle Gasarten, sich ganz wie atmosphärische Luft ausdehnen, desgleichen ergiebt sich aus den von Dalton über das Verhalten der Dämpfe und der feuchten Luft aufgestellten Gesetzen, daſs auch feuchte, nur nicht mit tropfbar flüssigem Wasser gemengte Luft, also

1 Ann. XII. 396. Vergl. Soldner ebend. XXV. 413.

2 Mécan. cél. IV. 270.

3 Memoirs of the Litterary and Philosophical Society of Manchester. Lond. 1802. V. P. II. p. 595. G. XII. 310.

auch Wasserdämpfe und überhaupt alle vollkommen expandirte Dämpfe eine gleiche Ausdehnung haben, als atmosphärische Luft. Dieses *Gesetz* ist dasjenige, welches seitdem unter dem Namen des *Daltonschen* und *Gay-Lüssacschen* ganz allgemein in Anwendung gebracht ist[1], und rücksichtlich der absoluten Gröfse, um welche sich ein Luftvolumen vom Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte ausdehnt, nimmt Dalton später als Gesammtresultat seiner Versuche = 0,376 an[2].

Aufser der oben erwähnten Reihe von Versuchen hat Gay-Lüssac noch eine zweite mit gröfserer Sorgfalt angestellt, um die Ausdehnung der expansibelen Flüssigkeiten genau auszumitteln, und diese sind es wohl vorzüglich, worauf sich das oben gleichfalls erwähnte Urtheil La Place's bezieht[3]. Die dabei gebrauchten Apparate und das angewandte Verfahren beschreibt Biot[4]. Gay-Lüssac bediente sich, wie früher Luz, der calibrirten Glasröhren mit einer Kugel, bestimmte das Verhältnifs der Kugel zur Röhre durch Abwägen mit Quecksilber, kochte dann diesen Apparat mit Quecksilber aus, um alle Feuchtigkeit fortzuschaffen, legte ihn, nachdem Luft hineingelassen war, in eine Wanne mit Wasser horizontal, um sowohl die Kugel als auch die Röhre einer ganz gleichen Temperatur auszusetzen, und bestimmte die Grade der Wärme nach einem Quecksilberthermometer, die Ausdehnung aber nach den auf den Röhren befindlichen Abtheilungen. Die Figur zeigt den Durchschnitt der ganzen Vorrichtung. In dem blechenen Gefafse A A B B nämlich befindet sich Wasser zur Erwärmung der Luft in den Kugeln der Röhren G G, t t, welche durch die Körke o o' gehen. Das Wasser im Gefäfse wird durch Weingeistlampen erhitzt, und die Temperatur vermitteist des Thermometers p gemessen. Das Gefäfs T T ist mit salzsaurem Kalke gefüllt, um das in die Röhre geleitete Gas völlig trocken zu erhalten, wenn vermittelst eines kleinen Eisendrahtes das Quecksilber aus der Röhre gebracht, und statt dessen Luft

Fig. 107.

1 G. XV. 56.
2 Neues Syst. d. chem. Theils d. Naturwissensch. I. 25.
3 Méc. cél. IV. XX. ff. u. 270 ff. Vergl. G. XXV. 393.
4 Traité. I. 182.

hineingelassen wird. Eine Verbesserung dieser Vorrichtung läfst sich anbringen, wenn man die Röhren dicht vor der Fig. Kugel $\alpha\alpha$ in einen rechten Winkel umbiegt, indem es hier-108. durch viel leichter wird, durch Aufrichten der Kugel diese so weit mit Luft oder Dampf zu füllen, dafs der Anfang des sperrenden Quecksilbers gerade auf 0 der Theilung zu stehen kommt.

Die Ausdehnung der untersuchten Substanzen für die beobachteten Grade der Wärme läfst sich aus den abgelesenen Graden der Röhre leicht berechnen. Ist nämlich V das ursprüngliche Volumen, δ die Ausdehnung desselben, so ist $V(1+\delta)$ das durch die Temperatur vermehrte. Heifst dann V', das beobachtete gröfsere Volumen, so ist dieses mit Einschlufs der Correction wegen Erweiterung des Gefäfses $= V'(1+3kt)$, wenn k die lineare Ausdehnung der Substanz des Gefäfses für 1° derjenigen Temperatur bedeutet, welche durch t bezeichnet wird. Demnach ist

$$V(1+\delta) = V'(1+3kt) \text{ und}$$

$$\delta = \frac{V'(1+3kt) - V}{V} = \frac{V'(1+3kt)}{V} - 1.$$

Wollte man die bei einem Barometerstande $= h$ gemessenen Volumina der Luft auf einen bestimmten Barometerstand $= H$ reduciren; so müfsten in der Formel V und V' mit $\frac{h}{H}$ multiplicirt werden. Indem aber das Gesetz der Ausdehnung schon der Natur der Sache nach für jeden Barometerstand gelten mufs, so wäre es überflüssig, diese Correction anzubringen. Aendert sich indefs während des Versuches der Barometerstand aus h in H, so mufs die Formel noch mit $\frac{H}{h}$ multiplicirt werden.

Auf diese Weise fand Gay-Lüssac, dafs die Ausdehnung der atmosphärischen Luft und aller Gasarten durch alle Grade gleichförmig, und für die Temperatur zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers $= 0{,}375$ ist. Gemeine, nicht ausgetrocknete, und daher mit Wasserdampf gemengte atmosphärische Luft zeigte oberhalb derjenigen Temperatur, bei welcher sie in die Glasröhren gebracht

war, für gleiche Temperaturerhöhungen gleiche Vermehrungen ihres Volumens, und indem eben dieses auch bei den Dämpfen des Schwefeläthers der Fall war, so gründete Gay-Lüssac hierauf den seitdem allgemein angenommenen Schlufs, dafs feuchte, wie trockne, Luft und alle Arten Dämpfe sich ganz auf gleiche Weise ausdehnen.

Später als alle diese erwähnten Versuche wurde auf Veranlassung einer Preisfrage der Akademie der Wissenschaften und Künste zu Rouen dieser nämliche Gegenstand aufs Neue durch H. Flaugergues in Untersuchung genommen, und seine Abhandlung gekrönt. Ein Auszug aus derselben enthält aufser einer geschichtlichen Uebersicht der früheren Bemühungen folgende wesentliche Resultate [1]. Durch 102 von 5 zu 5 Graden der 80theil. Scale angestellte Beobachtungen fand er die Ausdehnungen der Luft den Zunahmen der Wärme proportional, und im Ganzen zwischen den festen Puncten des Thermometers = 0,371168. Er bediente sich hierzu, wie Gay-Lüssac bei seinen ersten Versuchen, einer Flasche, welche getrocknet, dann mit einer Glasscheibe verschlossen bis auf den erforderlichen Grad der Wärme erhitzt, und nachdem die ausgedehnte Luft zum aliquoten Theile entwichen war, wieder bedeckt und unter Wasser geöffnet wurde, so dafs aus dem Verhältnifs des eingedrungenen Wassers zum Inhalte des Ganzen die Ausdehnung der Luft berechnet werden konnte. Von einer Correction wegen der Ausdehnung des Glases ist hierbei nicht die Rede, und man darf daher auch hier vermuthen, dafs sie bei den einzelnen Resultaten vielleicht nicht mitberechnet ist. Müfste sie noch hinzugesetzt werden, so wäre die wirkliche Ausdehnung = 0,375671. Indefs ist es an sich nicht wahrscheinlich, dafs Flaugergues eine damals so bekannte und so nahe vorliegende Correction übersehen haben sollte, und aufserdem stimmt der erhaltene Coefficient der Ausdehnung sehr genau mit demjenigen überein, welchen derselbe nachher durch ein etwas abgeändertes Verfahren erhielt. Er bemerkt nämlich, dafs noch niemand Versuche über die Ausdehnung der Flüssigkeiten in Gefäfsen angestellt hätte, welche ihre eigene

1 Journ. de Ph. LXXVII. 273. ff.

Ausdehnung compensirten. Hierzu wählte er daher ein gläsernes cylinderförmiges Gefäfs, worin sich ein anderes cylinderförmiges von Blei befand, dessen gröfsere Ausdehnung die des gläsernen compensirte, und erhielt hiermit folgende Resultate, wenn R Grade des 80theil. Thermometers, *n* die Zahl der Versuche, a die Ausdehnung nach Versuchen, a' nach Rechnung unter der Voraussetzung, dafs sie den Incrementen der Wärme direct proportional sey, und Δ die Differenzen bezeichnet, das Volumen bei 0° = 1.

R	n	a	a'	Δ
10	5	1,04640	1,04647	− 0,00007
20	4	1,09308	1,09293	+ 0,00015
30	5	1,13943	1,13940	+ 0,00003
40	6	1,18569	1,18587	− 0,00018
50	4	1,23188	1,23234	− 0,00046
60	5	1,27905	1,27881	+ 0,00024
70	5	1,32563	1,32527	+ 0,00036
80	8	1,37174	1,37174	0,00000

Die hier mitgetheilten Resultate oft wiederholter Versuche eines durch seine Gewandtheit im Calcül, wie durch seine Fertigkeit im Experimentiren rühmlichst bekannten Physikers stimmen mit den früher erhaltenen und unter sich so genau überein, dafs man allerdings Bedenken tragen mufs, sie denen von Gay - Lüssac nachzusetzen. Späterhin stellte ebenderselbe noch 10 Versuche über die Ausdehnung der gewöhnlichen, im Freien aufgefangenen Luft an, und fand die Vermehrung des Volumens bei dieser = 0,411, also beträchtlich gröfser als der trocknen[1].

Vergleicht man die drei zuletzt erwähnten Versuchreihen, so liegt das durch Gay - Lüssac erhaltene Resultat gerade in der Mitte, welches allerdings sehr für dasselbe entscheidet. Indefs haben dennoch die durch Luz angestellten Versuche, verglichen mit denen von Schmidt, und auf der andern Seite auch die zuletzt erwähnten von Flaugergues so viel für sich, dafs es fraglich ist, ob man diesemnach die Aufgabe über die Ausdehnung der Gasarten

1 J. d. Ph. LXXXIII. 344.

für absolut entschieden ansehen darf. Alle bisher angegebenen Versuche beschränkten sich auf die Ausdehnung der Luft zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers. Für höhere und niedrige Grade sind nur wenige Beobachtungen vorhanden, und dieser ist kein sonderlicher Verlust, da man als ausgemacht ansehen kann, dafs die Luft sich stets gleichmäfsig ausdehnt, so lange sie keine chemische Zersetzung oder keine Veränderung ihres Aggregatzustandes erleidet Indefs will Robin [1] gefunden haben, dafs das Luft durch die Hitze des weifsglühenden Eisens um das Vierfache ihres ursprünglichen Volumens ausgedehnt wird, welches beiläufig eine Temperatur von 1066° C. andeutet, die Ausdehnung der Luft = 0,00375 für 1° C. angenommen. Auch G. G. Schmidt [2] prüfte die Ausdehnung in höheren Graden, und fand sie bei 160° R. = 0,7172, bei einer Hitze, welche das Glas weich machte = 2,20. Die genauesten Versuche sind ohne Zweifel die durch Dülong und Petit [3] angestellten, wonach sie fanden, dafs die Ausdehnung der Luft und der Gasarten von — 36° bis 360° C. stets gleichmäfsig, und zwar = 0,00375 für jeden Grad C. ist.

Die meisten der erwähnten Versuche über die Ausdehnung der Gasarten endlich sind mit denselben unter mittlerem oder wenig davon abweichendem Luftdrucke angestellt. Amoutons [4] suchte indefs den Coefficienten der Ausdehnung der Luft auch für verschiedene Dichtigkeiten zu bestimmen, und fand ihn überall gleich, Roy [5] dagegen wollte ihn mit der Dichtigkeit zunehmend gefunden haben. H. Davy [6] hat das Gesetz mit Luft von $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ und 2facher Dichtigkeit geprüft, und überall bestätigt gefunden.

Noch verdient eine Behauptung von Dalton hier erwähnt zu werden, welche ein allgemeines Naturgesetz aufstellend

---

1 Neue Grundsätze der Artillerie, durch Euler. Berl. 1795. 8. p. 963.

2 Gren N. J. IV. 335.

3 Ann. de Chim. et de Phys. VII. 120.

4 Mém. de Par. 1702.

5 Phil. Trans. LXVII.

6 Phil. Trans. 1823. II. 204.

lange Zeit hindurch viel Aufmerksamkeit erregte. Dalton stellt nämlich die Hypothese auf, welche nach ihm die *Daltonsche Theorie* genannt ist, dafs alle permanent elastische Flüssigkeiten sich in einer geometrischen Progression ausdehnen, wenn die Wärme in einer arithmetischen wächst, alle homogene Flüssigkeiten aber vom Puncte des Gefrierens oder ihrer gröfsten Dichtigkeiten sich um Gröfsen ausdehnen, welche sich wie das Quadrat der Temperaturen verhalten[1]. Dalton hat dieses Gesetz auf die verschiedensten Flüssigkeiten angewandt, und die Resultate der Beobachtungen mit denen, welche er durch Rechnung erhielt, verglichen, wobei allerdings eine nahe genaue Uebereinstimmung stattfindet, indem keine Beobachtung absolut genau ist, und daher die Fehler der Theorie mit denen der Beobachtungen leicht zusammenfallen können. Dasjenige, was ihn vorzüglich bewog, diesen Satz aufzustellen, wonach die Ausdehnungen der Flüssigkeiten, namentlich des Quecksilbers im Thermometer sich in den niederen Graden der Wärme weniger als in den höheren ausdehnen müssen, ist das Resultat von Versuchen, wonach de Lüc fand, dafs ein Quecksilberthermometer in Mischungen aus Wasser von verschiedenen Temperaturen nicht das arithmetische Mittel beider zeigt, sondern stets etwas weniger[2]. Wenn er nämlich gleiche Quantitäten Wasser von 80° und 0° R. zusammengofs, so zeigte das Quecksilberthermometer in der Mischung nicht 40°, sondern nur 38°,6. Wäre dieses Resultat eines Versuches, welchen schon Renaldini[3] anstellte, wirklich ganz über allen Zweifel erhaben, so würde es allerdings die aufgesellte Theorie unterstützen oder völlig begründen. Indefs behauptet Gay-Lüssac[4] die Grade des Quecksilberthermometers mit denen des Luftthermometers für alle Grade zwischen dem Gefrierpuncte und Siedepuncte genau übereinstimmend gefunden zu haben, welches gegen diese Hy-

1 Ein neues System d. chem. Theils d. Naturwissenschaft. I. 16. Vergl. G. XIV. 273 und 288.

2 Recherches sur les Modif. de l'atmos. II. 160 ff.

3 Phil. nat. Patav. 1694 III. 276. Vergl. Lambert Pyrometrie p. 52. Kraft Com. Pet. XIV, 229. S. *Thermometer*.

4 La Place Méc. cél. IV. 270.

pothese streitet. Später stellte indeſs Flaugergues[1] die genannten Versuche nochmals mit einem vorzüglich groſsen Aufwande von Sorgfalt und mit gröſster Vorsicht an, und erhielt folgende Resultate. Es gaben folgende Mischungen die angegebenen Temperaturen mit einem genau geprüften Quecksilberthermometer gemessen an.

3 Th. Wasser	von	0°	und	1 Th.	von	80°	gaben	19°,86
2	—	—	—	2	—	—	—	39°,81
1	—	—	—	3	—	—	—	59°,87.

Indem nun hiernach das Thermometer allezeit hinter dem arithmetischen Mittel, nämlich 20°, 40° und 60 zurückblieb, so entscheidet auch dieser Gelehrte in Gemäſsheit einer deswegen angestellten Rechnung für Daltons Satz: daſs die Ausdehnungen des Quecksilbers eine geometrische Progression befolgen, während die Wärme in einer arithmetischen zunimmt[2]. Allein die Resultate der Versuche selbst beweisen das Gegentheil. Wäre nämlich die Hypothese richtig, so müſsten die Differenzen zwischen den berechneten und den gefundenen Temperaturen abnehmen, welches aber bei dem unmerklichen Unterschiede von 0,86 und 0,87, zwischen welchen Gröſsen 0,81 in der Mitte liegt, nicht anzunehmen ist. Indem vielmehr das Thermometer stets um eine nahe constante Gröſse zurückbleibt, so liegt die Ursache hiervon ohne Zweifel in dem Umstande, daſs es stets einige Zeit erfordert, bis ein Thermometer in irgend einem Medio von diesem völlig durchwärmt wird, und genau die Temperatur desselben annimmt, worauf namentlich Wahlenberg[3] aufmerksam gemacht hat. Die Frage ist indeſs späterhin eben so gründlich untersucht, als bestimmt entschieden durch Dulong und Petit[4], indem sie die Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers durch alle Grade von — 36 bis 100 C. sorgfältigst mit einander verglichen, und die vollkommenste

1 J. d. Ph. LXXVII. 283.

2 Lorsque la chaleur augmente par degrés égaux, ou en progression arithmétique, les dilatations correspondantes du mercure forment une progression géometrique. ib. p. 286.

3 G. XLI. 117.

4 Ann. de Chim. et de Phys. VII. 117 ff.

Uebereinstimmung beider beobachteten, wodurch sie sich zu der Folgerung berechtigt glauben, daſs die *Daltonsche Hypothese*, obgleich sinnreich, dennoch mit der Erfahrung nicht übereinstimmend sey.

Somit wären also die Gesetze der Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten durch die angestrengten Bemühungen der Physiker gleichfalls in einem hohen Grade der Vollständigkeit aufgefunden. — Weniger ist dieses unstreitig der Fall bei der gleichfalls durch Dalton und Gay-Lüssac aufgestellten Behauptung, daſs alle Dämpfe ohne Unterschied sich gleichmäſsig und genau wie die permanenten Gasarten ausdehnen sollen. Hiermit stehen nämlich die oben angegebenen sehr genauen Beobachtungen von Luz, Schmidt und Flaugergues im Widerspruche, auch habe ich selbst[1] das Gegentheil gefunden, obgleich die Ausdehnung des Wasserdampfes derjenigen, welche der atmosphärischen Luft eigen ist, sehr nahe kommt. Es bedarf daher noch einer Reihe genauer Versuche, um hierüber bestimmt zu entscheiden. Was sich theoretisch nach Gründen, aus dem Wesen der Wärme hergenommen, hierüber sagen läſst, ist unter dem Artikel: *Wärme* abgehandelt.

Ist diesemnach die Ausdehnug der permanent elastischen Flüssigkeiten, und der Dämpfe für den Zustand ihrer Expansion mit den Temperaturen gleichmäſsig wachsend, wie mindestens für die ersteren innerhalb der angegebenen Grenzen keinem Zweifel unterliegt, und kann man den Coefficienten der Zunahme des Volumens so annehmen, wie er durch Gay-Lüssac bestimmt ist, wofür bis jetzt noch überwiegende Gründe entscheiden, so läſst sich die durch Wärme verursachte Veränderung des Volumens hierbei eben so leicht, als beim Quecksilber berechnen. Ist nämlich das Volumen $= V$ für t Grade der Temperatur gegeben, und dieses auf das Volumen $= V'$ bei t' Graden zu reduciren, so ist allgemein für Grade der C. Scale $V' = V(1 + 0{,}00375 (t' - t))$; für Réaumürsche Grade aber ist
$V' = V(1 + 0{,}0046875 (t' - t))$ und für Fahrenheitsche endlich ist $V' = V(1 + 0{,}0020833334 (t' - t))$.

M.

---

1 Muncke Physikalische Abh. I. 146. ff.

Ausdünstung.

Exhalatio, Transpiratio; Transpiration; *Perspiration.* Der Gewichtsverlust durch Athmen und Ausdünstung beträgt bei einem Manne, der keine schwere Arbeit thut, in 1 Minute 11 bis 32 Gran, in 24 Stunden 1 Pfund 11 Unzen und 4 Drachmen bis 5 Pfund; im Mittel in 1 Minute 18 Gran, in 24 Stunden 2 Pfund 13 Unzen. Im gesunden Zustande, besonders wenn nicht die Verdauung gestört ist, zeigt ein Individuum alle 24 Stunden dasselbe Gewicht. Der Gewichtsverlust ist am schwächsten während dem Essen, am stärksten während der Verdauung.

Lavoisier und Seguin berechnen, jedoch auf nicht ganz sichere Thatsachen gestützt, daſs von den 45 Unzen, die als mittlerer täglicher Verlust anzusehen sind, angehören 5 Unzen 7 Drachmen dem in den Lungen verbrennenden Kohlenstoff, 3 Unzen 3 Drachmen und 10 Gran dem in den Lungen verbrennenden Wasserstoff, 5 Unzen 5 Drachmen und 62 Gran dem durch die Lungenausdünstung ausgeschiedenen Wasser und 30 Unzen dem durch die Hautausdünstung ausgeschiedenen Wasser[1]. *G.*

Auslader.

Excitator electricus; Excitateur, Arc conducteur; *Descharging rod.* So heiſsen verschiedene zur elektrischen Geräthschaft gehörige Werkzeuge, welche zum Ausziehen des elektrischen Funkens und zum Entladen der geladenen Flaschen und Batterien dienen.

Bei ihrer Einrichtung kommt alles darauf an, ihnen eine solche Form zu geben und sie aus verschiedenen Theilen so zusammenzusetzen, daſs sie bequem mit der Hand angefaſst werden können, ohne daſs man Gefahr läuft, daſs ein Theil der entladenen Elektricität durch die Hand selbst hindurch gehe. Ein wie ein C gekrümmter, an beiden Enden mit Kugeln versehener messingener Stab, den man unmittelbar mit der Hand anfaſst, würde diesem Zwecke nicht in allen Fällen entsprechen, weil man bei Entladung von starken Batterieen beim Anfassen desselben eine Art von Erschüt-

1 Lavoisier und Seguin in Scherer J. X. 560. Ann. de Chim. XC. 5.

terung mit empfindet, die um so stärker ist, je dünner der Stab ist, und zwar vorzüglich durch die seitliche Ausbreitung der in großer Masse durchgeleiteten Elektricität. Ein Auslader, bei welchem diese Gefahr gänzlich beseitigt ist, und der auch sonst eine bequeme Einrichtung hat, besteht aus einem gläsernen Handgriffe D (weniger passend aus einem Handgriffe von gedörrtem Holz), und zwei krummen, etwa eine Linie dicken Messingdrähten B B, die sich um das Charnier A, das sich an der messingenen Kappe des gläsernen Handgriffes befindet, nach Art eines Cirkels bewegen lassen. Die Drähte sind zugespitzt und auf ihren Spitzen stecken die Kugeln C C, die eingeschraubt sind, und die man nach Gefallen abschrauben kann. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, daſs man, nachdem es die Umstände erfordern, die Kugeln sowohl als die Spitzen gebrauchen kann, und da die Drähte in dem Charniere beweglich sind, so kann man sie nach Gefallen bei gröſseren und kleineren Flaschen anwenden. Beim Gebrauche faſst man das Instrument an dem Handgriffe an, berührt diejenige Seite der geladenen Flasche oder Scheibe, welche mit dem Erdboden in Verbindung steht, und in welcher also keine freie elektrische Spannung ist, mit dem einen Knopfe, und nähert den andern Knopf derjenigen belegten Seite, von welcher die Ladung ausgegangen ist, oder irgend einem Leiter, der mit derselben in Verbindung steht, worauf denn bei hinlänglicher Annäherung die Verbindung zwischen beiden Seiten so weit ergänzt wird, daſs der Schlag durch die Luft durchbrechen kann, und die Flasche entladen wird, ohne daſs die Hand den Schlag fühlt. Bei Entladung einer Batterie wird insgemein der Haken an der Seite des Kastens, worin die Flaschen stehen, welcher mit der äuſsern Belegung verbunden ist, durch einen Draht oder eine Kette mit dem einen Arme des Ausladers zusammenhängen, der andere Arm aber mit seinem Knopfe einem der Stäbe genähert, welche die inneren Seiten der Flasche miteinander verbinden. Zur Entladung seiner Riesenbatterieen [1] bediente sich VAN MARUM eines ähnlichen Ausladers in groſsem Maſsstabe, wovon unter dem Artikel *Batterie* noch die Rede seyn wird. Will man

Fig. 109.

1 S. *Batterie elektrische.*

eine stille Entladung ohne Funken und Schlag, so schraubt man die Kugel von dem einen Arme ab, und nähert die freigewordene Spitze der Zuleiter zu derjenigen Belegung, auf welcher die freie elektrische Spannung ist.

Eine zu vielen Versuchen, die durch die Entladung von Flaschen und Batterien angestellt werden können, besonders bequeme Geräthschaft, ist der sogenannte Henlyische *allgemeine Auslader*, der nach Henly, seinem Erfinder, so benannt worden ist. A ist ein gut lakirtes Brett von angemessener Länge und Breite (das unsrige ist 9″ lang und 5″ breit), welches den Fuſs des Instruments abgiebt, BB sind zwei Glassäulen in das Brett eingekittet, und oben mit messingenen Hauben versehen, deren jede ein Kugelcharnier hat und in einer federnden messingenen Röhre den Draht DC trägt, der sich nicht nur in der Röhre verschieben, sondern auch vermöge des Kugelcharniers in allen möglichen Richtungen drehen läſst. Jeder Draht hat an dem Ende C einen Ring, und an dem zugespitzten mit einem Loche durchbohrten Ende D eine messingene Kugel, die man auch abnehmen kann. E ist eine starke hölzerne Scheibe fünf Zoll im Durchmesser, auf deren Fläche ein Streifen Elfenbein eingelegt ist, und die einen starken cylindrischen Fuſs hat. Dieser Fuſs paſst in den hohlen Cylinder FG, der in der Mitte des Fuſsgestells befestigt ist, und worin der Fuſs der hölzernen Scheibe vermittelst einer Stellschraube oder statt dieser vermittelst eines federnden Messingdrahtes auf jede beliebige Höhe gestellt werden kann. H ist eine kleine zu diesem Instrumente gehörige Presse, bestehend aus zwei 6″ langen und 3″ breiten Brettchen, die durch zwei an dem unteren Brettchen befestigten männlichen Schrauben und auf dieselben passenden Mutterschrauben aneinander fest gepreſst werden können. Sie läſst sich vermittelst eines in der Mitte des untern Brettchens befestigten Stieles statt der Scheibe E in den Fuſs FG einsetzen. An dem obern Brettchen sind in der Mitte der langen Seite runde Ausschnitte angebracht, um daselbst die Drähte auf eine bequeme Art auf die Körper (namentlich Streifen von Blattgold u. s. w.), durch welche der Entladungsschlag geleitet werden soll, aufsetzen zu können. Auch können in der Mitte auf beide Brettchen Drähte eingeschraubt

Fig. 110.

werden, von denen der eine durch den zu diesem Behuf in der Mitte durchbohrten Stiel desselben hindurchgeht, die in Spitzen in der Ebene der Brettchen endigen, und einander gerade gegenüber stehen.

Das Instrument dient dazu, mit Bequemlichkeit die Entladungsschläge über und durch beliebige Körper gehen zu lassen. Verlangt man z. B. den Schlag über die Fläche eines Chartenblattes oder einer Glasscheibe zu führen, so lege man das eine oder die andere auf die Scheibe E, und stelle nach abgenommenen Kugeln die Spitzen auf die Fläche derselben in eine der Stärke der Ladung angemessene Entfernung (bei starken Batterien kann man die Entfernung auf einige Zolle ausdehnen). Verbindet man nun den einen Draht CD durch eine Kette oder einen Draht mit der äufsern Belegung einer geladenen Flasche oder Batterie, und nähert einen gewöhnlichen Auslader, der gleichfalls durch eine Kette oder einen Draht mit dem Ringe des andern Drahtes CD verbunden ist, dem Knopfe der Flasche, oder einem der Knöpfe der Drahtverbindung der innern Seite der Batterie, so geht der Schlag aus einer Spitze in die andere über die Oberfläche des Chartenblattes oder der Glasscheibe hin, und hinterläfst auf letzterer seine Spur in einem geschlängelten Streifen, wo das Glas seinen Glanz verloren hat. Will man durch ein Spiel Charten schlagen, so stellt man dasselbe aufrecht auf die Scheibe E, so dafs die Kugeln oder auch nach Wegnahme derselben die Spitzen auf beiden Seiten einander gerade gegenüber dasselbe berühren, wo dann der Schlag, nach Mafsgabe seiner Stärke eine gröfsere oder geringere Anzahl von Charten mit nach den Drähten hin auf beiden Seiten aufgeworfenen Rändern der Löcher durchbohrt. Legt man einen Goldstreifen zwischen zwei Stücke Glas, läfst ihn auf beiden Seiten, wo die Einschnitte an dem einen Brettchen in der Mitte sind, hervortreten, prefst dann die Glasscheibe mit der Presse zusammen, und legt an die hervortretenden Enden des Goldstreifens die Enden der Drähte DD an, so verbindet der durchgehende Schlag das Metall so innig mit dem Glase, dafs es davon weder abgeschabt noch durch Königswasser herausgebracht werden kann. Nimmt man die Kugeln von den Drähten ab, so kann man die Enden von feinen Metalldräh-

ten (z. B. Stahldrähten) durch die Löcher an den zugespitzten Enden der Drähte ziehen, und durch Ausziehen der Drähte diesen Metallfäden die nöthige Spannung und Länge (bis zu der Gränze, zu welcher sich die Drähte von einander entfernen lassen) geben, worauf man auf die oben angezeigte Weise den elektrischen Schlag hindurchführen kann, durch welchen die Drähte nach dem Grade seiner Stärke, der Länge, Dicke und eigenthümlichen Natur der Fäden geschmolzen, oder, wie namentlich die Stahldrähte, glühend, oder in viele glühende Kügelchen zerstäubt, oder auch durch die stärksten Schläge in Rauch aufgelöset werden. Durch Einschrauben von Drähten in die Mitte der Brettchen, so dafs jene mit ihren Spitzen einander gegenüber stehen, kann man die Wirkungen der *Lateralexplosion* darstellen, indem an dieser Stelle die Charten oder Pappblätter, über welche man durch Hülfe eines Gold- oder Silberstreifens den Schlag leitet, durchbohrt werden[1]. *P.*

Austritt.

Emersio; Emersion; *Emersion.* Wenn ein durch den Schatten oder durch die Bedeckung eines Himmelskörpers eine Zeit lang unsichtbar gewesenes Gestirn wieder hervortritt, so ist dies der Zeitpunct des Austrittes dieses Gestirnes aus der Verfinsterung oder Bedeckung. Ebenso ist der Zeitpunct für den *Eintritt* (Immersio, Immersion) derjenige, da es vom Schatten eines Körpers oder durch den Körper selbst uns verdeckt wird. Beide Ausdrücke kommen daher vor

1. bei Sonnen- und Mondfinsternissen, und da nennt man, wenn die Finsternifs total ist, *Anfang des Eintritts* den Augenblick, da die Sonne vom Monde verdeckt zu werden oder der Mond in den Erdschatten einzutreten anfängt; *gänzlichen Eintritt* den Augenblick, wo Sonne oder Mond gerade völlig verdeckt sind; *Anfang des Austritts*, wenn ein Theil der Sonne oder des Mondes wieder sichtbar wird, und *gänzlichen Austritt* oder Ende der Finsternifs, den Augenblick, da die Sonne im einen und der Mond im andern Falle wieder ganz unver-

1 Vergl. Cavallo vollständige Abhandlung von der Elektricität. 4te Ausg. Leipz. 1797. p. 161.

finstert erscheinen. Bei ringförmigen Sonnenfinsternissen ist der Mond *gänzlich* eingetreten, wenn er bei der inneren Berührung sich vom Sonnenrande trennt und also die ringförmige Verfinsterung anfängt; der Austritt fängt an mit der folgenden inneren Berührung oder mit dem Ende der ringförmigen Verfinsterung, und mit dem Ende des Austritts ist auch da das Ende der ganzen Finsternifs gleichzeitig.

2. Wenn Sterne vom Monde bedeckt werden, so findet ein *Eintritt* statt, wenn der Stern sich hinter dem Monde verbirgt, und ein *Austritt*, wenn er wieder sichtbar wird. Bei der Bedeckung der Fixsterne geschieht Eintritt und Austritt plötzlich; aber wenn ein Planet bedeckt wird, so giebt es auch da einen Anfang und Ende des Eintritts und ebenso des Austritts.

3. Bei den Vorübergängen des Mercurius oder der Venus vor der Sonne ist der Anfang des *Eintritts* dann, wenn nach dem Augenblick der äufseren Berührung der Planet *einen Einschnitt in den Sonnenrand* macht; der Eintritt ist vollendet, wenn der Planet wie ein von innen den Sonnenrand berührender Kreis vor der Sonne steht, und sich dann vom Sonnenrande trennt; der *Austritt* fängt an, wenn der Planet abermals von innen berührt und dann in den Rand der Sonne einschneidet u. s. w.

Eben das würde statt finden, wenn ein Jupiters-Mond vor dem Jupiter vorbei ginge, wenn unsre Fernröhre stark genug wären, um uns deutlich die Scheibe eines Jupiters-Mondes zu zeigen.

4. Bei den Verfinsterungen der Monde des Jupiters beobachten wir den gänzlichen *Eintritt* und den Anfang des *Austritts*, wir geben nämlich an, wenn der Jupiters-Mond uns unsichtbar wird, und wann wir ihn wieder wahrnehmen. Da aber ein schwächeres Fernrohr ihn nicht mehr zu bemerken erlaubt, wenn auch noch ein geringer Theil erleuchtet ist, so stimmen Beobachtungen, die mit ungleich starken Fernröhren angestellt sind, nicht genau mit einander überein, und ebenso mufs bei nicht ganz heitrer Luft der völlige Eintritt etwas zu früh und der Austritt etwas zu spät angegeben werden, — Fehler,

welche die auf einzelne Beobachtungen der Art gegründeten Schlüsse in einigem Grade unsicher machen.

B.

Auswittern.

Efflorescíren; *Efflorescentia;* Efflorescence; *Efflorescence.* Das Auswachsen von krystallinischen Massen aus einer der Luft dargebotenen festen oder flüssigen Materie. Hierher gehört die Bildung von Eisenvitriolkrystallen auf Schwefelkies, von Salpeter - Bittersalz - und Natron - Krystallen an Mauern und das dendritische Emporsteigen von Salztheilen an den Wandungen der Gefäſse, worin concentrirte Lösungen von verschiedenen Salzen (z. B. von doppeltschwefelsaurem Kali, Salmiak, blausaurem Eisenoxydkali u. s. w.) enthalten sind. Im letzteren Falle steigt an den ersten sich an den Wandungen des Gefäſses auf der Oberfläche der Flüssigkeit durch Verdunsten derselben bildenden Krystallen durch Capillarität immer neue Flüssigkeit in die Höhe, bei deren Verdunsten neue Krystalle in einer immer gröſsern Höhe erzeugt werden; und hat diese krystallinische Rinde den obern Rand des Gefäſses erreicht, so senkt sie sich auſsen nach abwärts und zieht so mit groſser Schnelligkeit alle Flüssigkeit aus dem Gefäſse. Häufig wird das Auswittern mit dem sehr davon verschiedenen Verwittern verwechselt.

G.

Automat.

Automatum; αὐτόματον, Automate; *Automaton.* So nennt man eigentlich jede ohne eine leicht sichtbare Ursache, also gleichsam von selbst und wie durch eigenen Willen sich bewegende Maschine. Hiernach könnte man eine Uhr und viele andere Kunstwerke dazu rechnen, welches aber nicht geschieht, weil bei diesen die bewegende Ursache allgemein bekannt ist. Man belegt also nur diejenigen Maschinen mit diesem Namen, welche, durch verborgene Kräfte in Bewegung gesetzt, auſsergewöhnliche Verrichtungen zeigen; haben sie menschliche Gestalt und verrichten sie dann zugleich menschliche Handlungen, so heiſsen sie auch *Androiden.* Die bewegenden Mittel sind in der Regel künstlich versteckte

Federn und Gewichte, welche einen kleinen Raum einnehmen, und deswegen leichter verborgen werden können.

Es gab und giebt der wirklich sogenannten Automaten sehr viele[1], welche sämmtlich aufzuzählen zweckwidrig seyn würde, weswegen es genügen mag, die merkwürdigsten kurz zu erwähnen. Abgesehen von den Angaben verschiedener Automaten aus der fabelhaften Zeit verdient zuerst die hölzerne fliegende Taube des *Archytas* von Tarent (408 v. Ch.) einige Aufmerksamkeit, welche nach Gellius[2] fliegen konnte. Auſserdem erzählt Pausanias[3] von einem durch innern Mechanismus bewegten ehernen Adler; Polybius[4] von einer kriechenden Schnecke des Demetrius Phalereus, Athenaeus[5] von einem Androiden des Ptolemaeus Philadelphus; welcher allerlei menschliche Handlungen verrichtete. Später soll Roger Baco und vorzüglich, der Tradition nach, Albertus magnus einen Automaten in menschlicher Gestalt verfertigt haben, welcher den Anklopfenden die Thüre öffnete und sie scheinbar anredete, worüber Thomas von Aquino so erschrocken seyn soll, daſs er den Kopf des Automaten zerschlug, so daſs Albert ausrief: periit opus triginta annorum. Johannes Müller (Regiomontanus) verfertigte auſser seiner Maschine zur Vorstellung der eigentlichen Bewegung der Planeten durch Räderwerk[6] noch andere automatische Kunstwerke, namentlich eine Fliege, welche auf dem Tische herumlief, und einen Adler auf dem Thore zu Nürnberg, welcher den ankommenden Kaiser Maximilian 1570 durch die Bewegung seiner Flügel und seines Kopfes begrüſste[7], woraus die durch Petrus Ramus[8] nacherzählte Legende von einer fliegenden eisernen Fliege und einem gleichfalls fliegenden Adler entstand. Groſses Vergnügen fand vorzüglich Karl der fünfte in den letzten Jahren seines

1 Vergl. Beckmann Beiträge zur Gesch. d. Erfind. III. 325.
2 Noct. Att. X. 12.
3 VI. 20.
4 Hist. XII. 13. p. 408 ed. Schweigh.
5 V. 7.
6 Kleine Chronik Nürnbergs; Altorf 1790. p. 38.
7 Diss. de Regiomontani aquila et musca. auct. Baier. Altorf 1709.
8 Scholarum mathem. lib. II. p. 65.

Lebens an solchen Spielwerken der Kunst, namentlich bewaffneten und exercirenden Soldaten, Paukern, Trompetern, sehr kleinen Mühlen, u. dgl. welche letzteren durch Jannellus Turrianus Cremonensis verfertigt seyn sollen[1]. Aufserdem sind als Verfertiger solcher Maschinen noch bekannt Hans Bullmann, Kunstschlosser in Nürnberg; wegen der von ihm verfertigten Figuren, welche hin und her gingen und nach dem Tacte auf Pauken und Lauten schlugen[2]; Hans Schlotheim in Augsburg, wegen seiner 1581 für Rudolph den zweiten verfertigten automatisch bewegten Galeere[3]; Achilles Langenbucher als Verfertiger einer 1610 vollendeten Orgel, welche die zur Vesper gehörende Begleitung von 2000 Takten selbst spielete[4]; Christoph Treffler, gleichfalls zu Augsburg, wegen einer sich selbst bewegenden Maschine zur Vorstellung des Weltsystems[5] u. dgl. m.

Die bekanntesten Automaten der neueren Zeit sind die durch den berühmten Vaucanson verfertigten. Zuerst zeigte er 1738 zu Paris einen 5,5 par. F. hohen sitzenden *Flötenspieler*, in dessen Piedestal zugleich der Mechanismus enthalten war. Am meisten Aufsehen erregte es hierbei, dafs die Flöte an die Lippen angelegt, durch einen Luftstrom *geblasen*, und durch Aufheben der klappenartig sich bewegenden Finger gespielt wurde[6]. Der Ton war gut und deutlich, auch wurden die Stücke durch verschiedene Walzen verändert. Der zweite Automat war eine stehende Figur, welche auf einer in der linken Hand gehaltenen Provenzalischen Schäferflöte spielte, und mit der rechten auf einer Trommel (tambour de Basque) den Tact dazu schlug. Das schönste Stück war aber eine Ente aus bronzirtem Kupferblech, etwas über natürliche Gröfse, aber die Blechstreifen so übereinander gelegt, dafs die Farben einer wirklichen

1 Strada de bello belgico. Moguntiae 1651. p. 8.

2 Doppelmayr von Nürnbergschen Künstlern p. 285.

3 Kunst - Gewerb - und Handwerksgeschichte d. Stadt Augsb. von P. v. Stetten. 1790. p. 185.

4 Ebend. p. 190.

5 Ebend. p. 172.

6 Le Mécanisme du Fluteur automate. Par. 1738. 8. Encyclopédie I. 448.

Federn und Gewichte, welche einen kleinen Raum einnehmen, und deswegen leichter verborgen werden können.

Es gab und giebt der wirklich sogenannten Automaten sehr viele[1], welche sämmtlich aufzuzählen zweckwidrig seyn würde, weswegen es genügen mag, die merkwürdigsten kurz zu erwähnen. Abgesehen von den Angaben verschiedener Automaten aus der fabelhaften Zeit verdient zuerst die hölzerne fliegende Taube des *Archytas* von Tarent (408 v. Ch.) einige Aufmerksamkeit, welche nach Gellius[2] fliegen konnte. Aufserdem erzählt Pausanias[3] von einem durch innern Mechanismus bewegten ehernen Adler; Polybius[4] von einer kriechenden Schnecke des Demetrius Phalereus, Athenaeus[5] von einem Androiden des Ptolemaeus Philadelphus; welcher allerlei menschliche Handlungen verrichtete. Später soll Roger Baco und vorzüglich, der Tradition nach, Albertus magnus einen Automaten in menschlicher Gestalt verfertigt haben, welcher den Anklopfenden die Thüre öffnete und sie scheinbar anredete, worüber Thomas von Aquino so erschrocken seyn soll, dafs er den Kopf des Automaten zerschlug, so dafs Albert ausrief: periit opus triginta annorum. Johannes Müller (Regiomontanus) verfertigte aufser seiner Maschine zur Vorstellung der eigentlichen Bewegung der Planeten durch Räderwerk[6] noch andere automatische Kunstwerke, namentlich eine Fliege, welche auf dem Tische herumlief, und einen Adler auf dem Thore zu Nürnberg, welcher den ankommenden Kaiser Maximilian 1570 durch die Bewegung seiner Flügel und seines Kopfes begrüfste[7], woraus die durch Petrus Ramus[8] nacherzählte Legende von einer fliegenden eisernen Fliege und einem gleichfalls fliegenden Adler entstand. Grofses Vergnügen fand vorzüglich Karl der fünfte in den letzten Jahren seines

1 Vergl. Beckmann Beiträge zur Gesch. d. Erfind. III. 325.
2 Noct. Att. X. 12.
3 VI. 20.
4 Hist. XII. 13. p. 408 ed. Schweigh.
5 V. 7.
6 Kleine Chronik Nürnbergs; Altorf 1790. p. 38.
7 Diss. de Regiomontani aquila et musca. auct. Baier. Altorf 1709.
8 Scholarum mathem. lib. II. p. 65.

Lebens an solchen Spielwerken der Kunst, namentlich bewaffneten und exercirenden Soldaten, Paukern, Trompetern, sehr kleinen Mühlen, u. dgl. welche letzteren durch Jannellus Turrianus Cremonensis verfertigt seyn sollen[1]. Aufserdem sind als Verfertiger solcher Maschinen noch bekannt Hans Bullmann, Kunstschlosser in Nürnberg; wegen der von ihm verfertigten Figuren, welche hin und her gingen und nach dem Tacte auf Pauken und Lauten schlugen[2]; Hans Schlotheim in Augsburg, wegen seiner 1581 für Rudolph den zweiten verfertigten automatisch bewegten Galeere[3]; Achilles Langenbucher als Verfertiger einer 1610 vollendeten Orgel, welche die zur Vesper gehörende Begleitung von 2000 Takten selbst spielete[4]; Christoph Treffler, gleichfalls zu Augsburg, wegen einer sich selbst bewegenden Maschine zur Vorstellung des Weltsystems[5] u. dgl. m.

Die bekanntesten Automaten der neueren Zeit sind die durch den berühmten Vaucanson verfertigten. Zuerst zeigte er 1738 zu Paris einen 5,5 par. F. hohen sitzenden Flötenspieler, in dessen Piedestal zugleich der Mechanismus enthalten war. Am meisten Aufsehen erregte es hierbei, dafs die Flöte an die Lippen angelegt, durch einen Luftstrom geblasen, und durch Aufheben der klappenartig sich bewegenden Finger gespielt wurde[6]. Der Ton war gut und deutlich, auch wurden die Stücke durch verschiedene Walzen verändert. Der zweite Automat war eine stehende Figur, welche auf einer in der linken Hand gehaltenen Provenzalischen Schäferflöte spielte, und mit der rechten auf einer Trommel (tambour de Basque) den Tact dazu schlug. Das schönste Stück war aber eine Ente aus bronzirtem Kupferblech, etwas über natürliche Gröfse, aber die Blechstreifen so übereinander gelegt, dafs die Farben einer wirklichen

---

1 Strada de bello belgico. Moguntiae 1651. p. 8.

2 Doppelmayr von Nürnbergschen Künstlern p. 285.

3 Kunst- Gewerb- und Handwerksgeschichte d. Stadt Augsb. von P. v. Stetten. 1790. p. 185.

4 Ebend. p. 190.

5 Ebend. p. 172.

6 Le Mécanisme du Fluteur automate. Par. 1738. 8. Encyclopédie I. 448.

Ente sehr genau nachgeahmt waren, und alle Bewegungen natürlich schienen. Sie schlug mit den Flügeln, beugte, dehnte und streckte den Hals, ahmte das Geschrei und Geschnatter, selbst das Trüben des Wassers beim Saufen sehr genau nach, frafs vorgehaltenes Korn, trank, und gab nach einiger Zeit eine Art von Koth wieder von sich[1]. Nachdem der Verfertiger diese Automaten weit umher, bis nach Rufsland hin, gezeigt hatte, kaufte sie BEIREIS in Helmstädt, wo ihr sehr *zusammengesetzter*, aus wahrhaft zahllosen Ketten, Federn und Hebeln bestehender Mechanismus nach und nach fast gänzlich verfiel. Die Ente, 1741 verfertigt, erhielt sich am längsten, und machte am Ende des vorigen Jahrhundert noch mit einiger Nachhülfe *ihre* automatischen Bewegungen[2].

Später sind mehrere Flötenspieler und überhaupt den Vaucansonschen ähnliche Automaten verfertigt. Indefs soll schon im Anfange des 16ten Jahrh. ein Töpfer in Rom einen Flötenspieler verfertigt haben[3], und der französische General COMTE DE GENNER schon 1688 einen Pfau, welcher ging, frafs und anscheinend verdauete[4]. Sonst werden noch als berühmte Automaten genannt ein Regiment exercirender Soldaten, welche Beckmann[5] in Zarskojo-Selo sah; ein gehender Löwe und Tiger, welche der Missionär THIBAUT für den Kaiser von China verfertigte, desgleichen zwei ein Blumengefäfs tragende Männer des Missionär DE VANTAVON[6]; der spielende Pan des JOACHIM EPPINGER aus Baiern[7] u. dgl. mehr.

Die Vaucansonschen Automaten wurden noch weit übertroffen durch diejenigen, welche die beiden JAQUET DROZ, Vater und Sohn, aus Chaux de Fonds in Neufchatel, verfertigten, deren Ueberlegenheit VAUCANSON auch selbst aner-

---

1 Ausführlich ist Montucla Hist. des Math. III. 802.

2 Nach eigener Ansicht. Muncke.

3 Zodiacus vitae. XI. 846.

4 Labat Nouveau voyage aux Isles de l'Amérique. à la Haye 1724. II. 298. Vergl. Beckmann Beiträge zur Gesch. d. Erf. IV. 108.

5 a. a. O. p. 106.

6 v. Murr Journ. zur Kunstgeschichte und allg. Literatur.

7 v. Stetten a. a. O. p. 192.

kannte. Unter ihren vielen Automaten[1] ist namentlich eine Uhr bekannt, welche sie dem Könige von Spanien überreichten. Auf derselben befand sich unter andern ein das natürliche Blöken nachmachendes Schaf, und ein Hund, welcher einen Korb mit Früchten bewachte, und sich mit Knurren und Bellen erhob, wenn jemand den Korb wegzunehmen versuchte[2]. Noch weit künstlicher waren seine Androiden. Dahin gehört die *Schreibmaschine* von 1777 die Figur eines Kindes von zwei Jahren, welches auf einem Tamburet sitzend auf einem Pulte zusammenhängende Worte in französischer Sprache schrieb, dabei die Feder eintauchte, das Ueberflüssige ausschüttete, die Linien gehörig absetzte, und nach jedem Worte die Augen auf eine nebenliegende Vorschrift richtete[3]. Ferner die Klavierspielerin, welche neben einigen Bewegungen des Kopfes und Körpers ein Klavier spielte, und der Zeichner, von der Gröfse eines zweijährigen Kindes auf einem Tabouret, welcher mit Bleistift zeichnete, schattirte, dabei den Arm zuweilen aufhob, als wollte er die Zeichnung besehen, und den Staub des Bleistiftes wegblies[4]. Der Beschreibung nach mufs dieser Automat verschieden gewesen seyn von einem andern, welchen Collinson in London genau untersucht zu haben berichtet[5]. Dieser war ohngefähr in Lebensgröfse, und hielt einen metallenen Stift in der Hand. Legte man unter den letzteren ein Stück Pergament, so wurde eine Feder berührt, welche den Mechanismus in Bewegung setzte, so dafs die Maschine anfing zu zeichnen. Collinson sah hierbei zugleich den ganzen Mechanismus mit Bewilligung des Erfinders, und liefs selbst in dessen Abwesenheit den Automaten zeichnen. Als die erste Charte vollendet war, hörte der Automat auf, bis eine andere untergelegt wurde, und so fünf mal, auf jede eine verschiedene Zeichnung entwerfend. Auf das erste Stück Pergament zeichnete die Figur die ähnlichen Silhuet-

1 Bernoulli in Sammlung kurzer Reisebeschreib. erster überzähliger Bd. Berl. 1783. p. 152.

2 Hutton Dict. I. 194.

3 Kön. Grofsbr. geneal. Kalender. Lauenb. 1780.

4 Ebend.

5 Hutton Dict. I. 194.

ten des Königs und der Königin, gegen einander gerichtet, und es war insbesondere bewundernswürdig zu sehen, wie der Automat den Arm aufhob, um abzusetzen und wieder anzufangen, z. B. bei den Ohren, den Locken der Haare u. s. w. wobei die einzelnen Linien stets im genauesten Verhältnisse zu einander blieben.

Indem Collinson dieses fast unglaubliche Kunstwerk genau kannte, so läfst sich erwarten, dafs er ein anderes vom jüngeren Droz verfertigtes, und diesem gleichgeachtetes, nicht überschätzt hat, welches ihm derselbe in Genua zeigte. Es war dieses eine ovale Schnupftabacksdose, 4,5 engl. Zoll lang, 3 breit 1,5 hoch, der Länge nach doppelt und mit zwei Deckeln. Der eine von diesen verschlofs eine gewöhnliche Dose; wurde aber der andere geöffnet, so erhob sich darin ein sehr kleiner Vogel von grün emaillirtem Golde, auf einem goldenen Tischchen sitzend. Dieses kleine Thier, nur 0,75 Z. vom Schnabel bis an das Ende des Schwanzes lang, bewegte den Schwanz, schlug mit den Flügeln, öffnete seinen Schnabel von weifs emaillirtem Golde und sang einen melodischen Gesang so laut, dafs es bequem ein Zimmer von 20 bis 30 Quadratfufs erfüllt haben würde.

Am merkwürdigsten aber, wenn anders die Angaben vollkommen richtig sind, ist eine sehr zusammengesetzte Maschine des älteren Droz. In einer ländlichen Scene an einem Bache, über welchen eine Brücke nach einer Mühle führt, öffnet sich die Thüre einer Hütte, und es reitet ein Bauer auf einem Esel über die Brücke zur Mühle, während ein Hund hinter dem Esel herläuft, und diesen anbellt. Im Mittelpuncte der Scene weidet eine Heerde, deren Hirt aus einer Grotte kommt, sich umsieht, eine Flöte hervorzieht und einige Stücke bläfst, deren letzte Töne ein Echo wiederhallt. Dann nähert er sich seiner, in der Entfernung schlafenden Schäferinn, und bläfst wieder ein Stück, wodurch sie erwacht, sich aufrichtet, und den Spieler mit der Zitter begleitet. Inzwischen treibt der Bauer seinen mit Mehl beladenen Esel aus der Mühle zurück vor sich her, weswegen die Liebenden im Stücke plötzlich abbrechen, und der Schäfer in seine Grotte zurückkehrt[1].

1 Allgem. musikal. Zeitung 1799. N.3.

Einen 5 F. hohen, im Zimmer umhergehenden und spielenden Harfenisten verfertigte auch ein Schreiner in der Werkstatt des bekannten Engländers Gardner[1]; und unter den Schätzen des Tippo Saib fand man einen Tiger, welcher einen europäischen Offizier zerfleischte, während ein Mechanismus in jenem das Brüllen des Thieres, und in diesem das Winseln eines Menschen nachmachte[2].

Nicht leicht hat ein Automat so vieles Interesse erregt, als in den neuesten Zeiten die *Schachmaschine* Kempelens, welcher aufserdem durch seine *Sprachmaschine* bekannt ist. Letztere bestand aus einem hölzernen Kasten, 3 F. lang, 1 F. breit, worin durch einen eigenthümlichen Mechanismus vermittelst eines Blasebalges und verschiedener Klappen die Stimme eines drei bis vierjährigen Kindes nachgeahmt wird[3]. Manche nach seiner Anweisung gemachte Maschinen leisten nicht viel, und bringen kaum vernehmbare, der menschlichen Stimme nicht sehr ähnliche Töne hervor. Indefs mufs diejenige, welche der Erfinder selbst besafs, vorzüglich gewesen seyn, indem Collinson[4] versichert, dafs sie das von ihm aufgegebene Wort: exploitation mit französischem Tone vernehmlich gesprochen habe. Andere Versuche, die menschliche Stimme nachzubilden, scheinen noch geringeren Erfolg gehabt zu haben, z. B. die durch Mical 1780 der Academie zu Paris vorgezeigte Maschine, welche die Laute durch künstliche Zungen auf gespannten Membranen hervorbrachte[5], desgleichen die durch C. G. Kratzenstein aus Wernigerode verfertigte, welche einzelne Vocale sehr deutlich und auch leichte Worte aussprach[6].

Weit räthselhafter, wenn auch vielleicht nicht künstlicher, war der Mechanismus bei v. Kempelens Schachma-

---

1 Allgem. Lit. Zeit. Int. Bl. 1792. Nr. 72.

2 Busch Geschichte der Erfindungen. I. 354.

3 Mechanismus der menschlichen Sprache, nebst Beschreibung einer sprechenden Maschine von v. Kempelen. Wien 1791. 8. Lichtenb. Mag. III. St. 2. p. 196. Journ. des Savans 1783. p. 629.

4 Hutton Dict. I. 194.

5 Journ. de Phys. 1782. p. 358.

6 Journ. de Phys. XXI. 358.

schine[1]. Sie bestand aus einem vor einem 3,5 F. langen 2,5 F. breiten, mit Seitenbrettern eingefafsten Tische am Schachbrett sitzenden Türken. In einiger Entfernung von dieser, auf Rollen beweglichen Figur stand ein gewöhnlicher Tisch mit einem verschlossenem Kästchen, ohne irgend eine merkbare Verbindung mit der Maschine. Der Körper des Türken nebst dem verdeckten Tische war voller Räder, Hebel, Federn und Ketten, welche der Besitzer zeigte, jedoch dann nicht, wenn die Maschine spielte. Beim Spielen ruhete der linke Arm des Türken auf einem Polster, hob sich nach dem Zuge des Gegners, that den erforderlichen Zug, oder nahm einen Stein weg, indem der Daumen der Hand sich öffnete und schlofs, und legte sich dann wieder auf den Polster. Einen falschen, den Gesetzen zuwider laufenden, Zug reparirte die Maschine, indem sie den Stein wieder auf seine Stelle setzte, und dann sogleich selbst einen Zug that, ohne den des Gegners abzuwarten. Wartete der Gegner sehr lange, so klopfte die Maschine mit dem Finger auf das Bret. Der Erfinder der Maschine war allezeit beim Spielen gegenwärtig, sah zuweilen in das nebenstehende Kästchen, entfernte sich aber wieder so weit, dafs er keinen Einflufs auf den Mechanismus haben konnte, zog zuweilen die Federn des Armes des Türken wieder an, jedoch ohne dafs überhaupt irgend eine directe Einwirkung auf das Spiel wahrnehmbar war, es sey denn, dafs einige zuweilen gesprochene unverständliche Worte, welche Zuschauer bemerkt haben wollen, auf dasselbe einen Einflufs hatten[2].

Seit der ersten Bekanntwerdung dieser Maschine um 1769[3] oder 1771[4] waren die Meinungen der Beurtheiler sehr getheilt, die Aufmerksamkeit auf dieselbe aber eben so grofs als allgemein. Einige, als Hindenburg[5] und

---

1 v. Windisch Briefe über den Schachspieler des H. v. Kempelen. Basel 1783. 8. Repertory of arts and manufactures 1819. April, Bibl. Univ. XI. 63. Nach der hier mitgetheilten Nachricht scheint es, dafs die Maschine um jene Zeit in England gezeigt wurde. Ihr Erfinder starb 1803.

2 Lauenburg Genealog. Kalender 1782. p. 40.

3 Montucla Hist. des Math. III. 812.

4 Volbeding's Archiv der Erfindungen 1792. p. 411.

5 Leipziger Mag. zur Naturkunde. Mathem. und Oekon. 1784. St. 3.

Ebert[1] hielten sie für ein rein mechanisches Kunstwerk, indem die Züge des Gegners, wahrscheinlich durch magnetische Stäbe den Mechanismus bewegend, den hierfür nach den Regeln des Spieles gehörigen, schon in Voraus berechneten, und somit auch bestimmten Gegenzug veranlassen sollten. Ein vorzüglicher Beweisgrund hierfür wurde darin gefunden, dafs man zugleich behauptete, die Maschine verlöre nie ein Spiel, welches sich indefs später nicht bestätigte. Allein abgesehen davon, dafs es kaum begreiflich ist, wie sich alle denkbaren Züge und die dazu gehörigen Gegenzüge des Schachspiels berechnen lassen sollten, auch angenommen, dafs die Zahl aller regelgemäfsen Spiele nicht übermäfsig grofs sey; so ist doch die Menge der willkührlichen und regelwidrigen, welche erweislich gleichfalls vorgekommen sind, kaum zu berechnen, und das Zurückziehen falscher Züge des Gegners mit dieser Theorie durchaus unvereinbar. Viele andere dagegen, namentlich Lichtenberg[2], Boeckmann[3], Nicolai[4], Decremps[5] u. a. vorzüglich aber v. Racknitz[6] behaupteten daher, es müsse ein Knabe in der Maschine verborgen seyn, indem sie zugleich die Möglichkeit nachwiesen, wie dieses bewerkstelligt werde. Herr v. Kempelen hat diesen Vorwurf nie eigentlich und vollständig widerlegt oder demselben nur ernstlich widersprochen, und die definitive Beantwortung der Streitfrage blieb aus, als die Aufmerksamkeit auf die Maschine mit der Entfernung derselben aus dem Publicum verschwand. Auch Collinson, welcher früher in London dieses Kunstwerk sehr bewundert hatte, hörte nichts von demselben, als er den Erfinder später in Wien sprach, und glaubt, dieses Stillschweigen sey

1 Nachricht von dem berühmten Schachspieler und der Sprachmaschine des H. v. Kempelen 1785.

2 Lichtenb. Mag. III. St. 2. p. 183.

3 Posselts wissenschaftl. Magazin 1785. I. 72.

4 Reisen VI. 420.

5 Magie blanche.

6 Ueber den Schachspieler des H. v. Kempelen und dessen Nachbildung. Leipz. 1789. 8. mit 7 Kupfertafeln. Das nämliche wird behauptet und durch Figuren erläutert in: An Attempt to analyse the Automaton of M. Kempelen cet. Lond. 1821. 8.

Folge der richtigen Erläuterung des Ganzen durch Freiherrn v. RACKNITZ, welche auch er vollkommen genügend fand[1]. Uebrigens soll der Erfinder selbst zugestanden haben, ein großer Theil des Wunderbaren beruhe auf der Geschicklichkeit, womit er die Zuschauer zu täuschen gewußt habe[2], und es war dieses so viel leichter möglich, weil gleich anfangs das allgemein verbreitete Vorurtheil, als wirke die Maschine durch magnetische Kräfte, die Sache unter einen bekannten Namen brachte, dadurch aber in größeres Dunkel hüllte, und die genauere Beobachtung und Enthüllung der Täuschungsmittel erschwerte. Der stärkste genäherte Magnet hatte beiläufig auf die Maschine gar keinen Einfluß.

Der Schachspieler, welchen jüngsthin der Uhrmacher ALOYS BAYER aus Neuburg an der Donau zeigte, ist eine Puppe, 4 F. hoch, und auf einem Tabouret so sitzend, daß die Enden der in den Körper zur Hervorbringung der Bewegung des Kopfes und rechten Armes gehenden Stangen sich beim Wegnehmen des Automaten aus den Vorderfüßen des Tabourettes ziehen, dessen Deckel durch eine Springfeder im Momente des Herausziehens vorwärts geschoben wird, und somit alle Verbindung dem Auge des Beobachters verschließt. Die Stangen des Automaten stehen übrigens mit andern sehr einfachen Hebeln in Verbindung, welche unter einem Pulpet des Tabourets hinlaufen, und von dem Erfinder in einem Nebenzimmer regiert werden, während derselbe durch einige feine Risse das Schachbret beobachtet, und die nöthigen Züge dadurch bewerkstelligt, daß er durch die verborgenen Hebel den Arm des Automaten hebt, nach dem erforderlichen Schachsteine hinbewegt, durch Oeffnen des Daumens diesen ergreifen und wegnehmen, oder an die gehörige Stelle setzen läßt.

Ein gewisser MALIARDET zeigte vor einigen Jahren in London verschiedene Automaten, unter denen vielleicht einige der von LE DROZ verfertigter seyn mochten: einen singenden Vogel; einen jungen Mann, welcher schrieb, Linien zog und Zeichnungen machte; einen künstlichen Seiltänzer,

1 Hutton Dict. I. 194.

2 Gehler I. 225. Montucla Hist. d. M. III. 512.

welcher auf einem horizontal gespannten Seile allerlei überraschende Bewegungen machte; eine kriechende Spinne; vorzüglich aber eine weibliche Figur, welche athmete, Kopf und Körper natürlich bewegte und dabei einige Stücke auf einem Fortepiano spielte[1]. Endlich verdienen unter den neuesten Automaten auch die durch KAUFMANN aus Dresden verfertigten eine Erwähnung. Zwei derselben, ein Trompetenwerk und ein musikalisches Instrument, welches ein Fortepiano nebst einem Flöten-Register vereinigt, hat als automatisches Kunstwerk geringeren Werth, so schön und vollständig auch selbst größere Musikstücke von dem letzteren vorgetragen werden. Das Einzige, wodurch es sich den Automaten mehr annähert, ist, daſs weder der Tact noch auch die Stärke und Sanftheit des Ausdrucks maschinenmäſsig steif gehalten werden, indem vielmehr die letzteren dem Geiste des Stückes angemessen sind, ersterer aber durch einen sinnreichen Mechanismus nicht absolut scharf und abgemessen ist, sondern vielmehr auf gleiche Weise etwas wechselt, als jeder Spieler, durch die Leidenschaft fortgerissen, nach dem Inhalte der Composition etwas zu wanken und nachzugeben pflegt, wodurch das Spiel in einem hohen Grade dem menschlichen ähnlich wird. Der *Trompeter* desselben aber, obgleich viel minder wohlklingend, ist ganz eigentlich Automat. Eine menschliche Figur in Lebensgröſse, hält in der rechten Hand eine Trompete, welche vermittelst des beweglichen Armes auf das im Munde feststeckende Mundstück geschoben wird. Im Kopfe sind verschiedene längere und kürzere Röhren von Messing für die tieferen und höheren Töne, durch sehr fest schlieſsende Klappen verschlossen, und sämmtlich in diejenige endend, welche im Munde befindlich den Anfang der Trompete bildet. In der Brust befindet sich ein Blasebalg, welcher durch eine ausnehmend starke Feder die Luft ungewöhnlich comprimirt, so daſs diese, wenn sie beim Oeffnen der Klappen in die Röhren dringt, einen vollständigen Trompeten-Ton erzeugt,

---

1 Hutton I. 195. Vergl. überhaupt Busch Handbuch d. Erfindungen Art. Automaten. Montucla Hist. des Math. III. 802 ff. Facius über d. Alter der künstlichen Automaten. Coburg 1799.

indem der Wechsel der ungleichen Röhren ein ordentliches Stück zu spielen verstattet.

Automatische Bewegung nennt man endlich gewisse Erscheinungen bei den Pflanzen, wenn sie beim Wachsen oder bei der Berührung sich ausdehnen und zusammenziehen, durch den Einfluſs des Lichtes, der Wärme, der Elektricität oder sonstiger Reizmittel eine gleichsam willkührliche Bewegung zeigen, sich zu gewissen bestimmten Zeiten regelmäſsig öffnen und schlieſsen, nach dem Lichte oder der Wärme sich neigen u. dgl. m. Aehnliche automatische Bewegungen finden sich auch im Thierreiche. Dahin gehören unter andern hauptsächlich die steten Contractionen des Herzens und der Lungen, die Veränderungen der Pupille, die peristaltische Bewegung der Eingeweide u. v. a. Alle diese sehr vielen und höchst interessanten Erscheinungen nebst der Erörterung ihrer Ursachen und des inneren Zusammenhanges derselben mit den Organismen gehören in die Physiologie[1]. *M.*

Auzometer.

Auxometer; *Auxometrum*; Auxomètre; (von *αὔξω* ich vermehre, und *μέτρον*, das Maſs). *Ein Instrument, womit sich die Vergröſserung eines Fernrohrs messen läſst.* Andere haben die zu eben diesem Zwecke dienenden Werkzeuge auch **Dynamometer** (von *δύναμις* die Kraft) genannt.

Ein bekanntes Mittel, um die Vergröſserung eines Fernrohrs zu bestimmen, ist, daſs man das im Fernrohr gesehene Bild mit dem vermittelst des bloſsen Auges gesehenen vergleicht. Richtet man zum Beispiel das Fernrohr auf ein nicht allzu entferntes Ziegeldach, und sieht mit dem einen Auge durch das Fernrohr, mit dem andern Auge frei auf die Dachziegel, so scheinen die mit beiden Augen gesehenen Erscheinungen vor einander zu schweben, und man kann es leicht dahin bringen, daſs die Reihe der mit bloſsem Auge gesehenen Ziegel sich auf dieselbe vergröſsert erscheinende Reihe legt; findet man nun so, daſs z. B. 4 Ziegel im Fernrohr 80 Ziegel der vom bloſsen Auge gesehenen Reihe

1 Vergl. Treviranus Biologie. V. 185 ff.

decken, so vergröſsert das Fernrohr 20mal oder zeigt die Gegenstände im Durchmesser 20mal so groſs. Wer nicht mit beiden Augen gleich gut sieht, wird dies Mittel wenigstens so anwenden können, daſs er die ganze Länge eines Dachfirstes mit dem bloſsen Auge gesehen mit der Zahl von Ziegeln vergleicht, die im Fernrohr dem ganzen mit bloſsem Auge gesehenen First gleich erscheinen, und dann kann man nachher mit Hülfe des Fernrohrs die ganze Reihe Ziegel auf dem Firste durchzählen.

Auf ganz ähnliche Weise kann man die von Schröter[1] angegebene Projectionsmaschine anwenden, um die Vergröſserung zu bestimmen. Kennt man nämlich den scheinbaren Durchmesser eines Gegenstandes, z. B. der Sonne, mit zureichender Gegauigkeit, so hat man nur nöthig zu bemerken, welchen Raum das Bild dieses Gegenstandes, wenn er im Fernrohr gesehen wird, auf der mit bloſsem Auge betrachteten und in bekannter Entfernung aufgestellten Projectionsscheibe einnimmt; die Gröſse dieses Bildes giebt durch die Vergleichung mit der bekannten Entfernung der Scheibe die Gröſse des Sehewinkels, unter welchem es erscheint, und wenn man hiermit den Durchmesser vergleicht, wie er ohne Vergröſserung erscheint (den wir als bekannt angenommen haben,) so hat man die Vergröſserung.

Statt dieser Bestimmungen die, (besonders die letzte) fordern, daſs man mit beiden Augen vollkommen gut sehe, hat Adams ein eigenes Instrument zur Bestimmung der Vergröſserung vorgeschlagen[2]. Die Einrichtung desselben gründet sich auf den Satz, daſs die Vergröſserung durch den Quotienten ausgedrückt wird, den man aus dem Durchmesser der Oeffnung des Objectivs bd dividirt durch fg, oder den Durchmesser des hellen Bildes, welches von der Oeffnung des Objectivglases auf dem letzten Augenglase entworfen wird, erhält. Wenn zum Beispiel beim astronomischen Fernrohre die Brennpuncte beider Gläser in n zusammenfallen, so ist die Zahl, welche die Vergröſserung ausdrückt, Fig. 111.

1 Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen. 1 Bd. p. 210.

2 Rozier Journal de Physique 1783. Janv. p. 65.

$= \frac{an}{nz}$, welches aber wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke abn, zgn mit $\frac{ba}{gz}$ oder $\frac{bd}{fg}$ einerlei ist. Die Dioptrik lehrt, daſs dieser Quotient immer, auch wenn das Fernrohr mehr als zwei Gläser hat, die Vergröſserung angiebt.

Das Werkzeug selbst besteht nun aus drei kleinen metallenen Röhren, die zusammengeschoben $\frac{5}{4}$ Zoll lang sind, und 11 Linien im Durchmesser haben. Die erste Röhre abeh ist in die zweite eingeschoben und hat bei d eine Glaslinse in einiger Entfernung von der Oeffnung C, die zum Hineinsehen bestimmt ist. Die zweite pmof ist am Ende mit einer durchsichtigen Hornscheibe mo bedeckt, die durch Parallelstriche, in Entfernungen von $\frac{1}{100}$ Zoll getheilt ist. Die äuſsere Röhre gstr ist an beiden Seiten offen, und dient bloſs, um der Scheibe mo den gehörigen Abstand zu geben, damit sie das Bild der Oeffnung des Objectivs am Fernrohr an der Stelle, wo man sonst das Auge hält, richtig auffange. Auf eben dieser Röhre ist 1 Zoll in Zehntel, und eines der Zehntel in Hundertel getheilt.

Fig. 112.

Beim Gebrauche stellt man 1. das Fernrohr so, daſs man den Gegenstand deutlich sehen kann; 2. zieht man die Röhre aben so weit aus, daſs man gegen den Himmel die Parallelstriche auf mo durch die Linse d deutlich sieht; 3. man setzt das Auzometer an die Ocularröhre und verschiebt die Röhre gstr so lange, bis man durch C das durch das Fernrohr auf der Hornscheibe dargestellte Bild deutlich sieht; 4. man zählt, wie viele Parallelstriche jenes Bild einnimmt; 5. man miſst den Durchmesser des Objectivglases in Hundertteln eines Zolles, und dividirt diese Zahl durch die Zahl von Hundertteln, die das Bild einnimmt. Der Quotient ist die verlangte Vergröſserungszahl. Beim galiläischen oder holländischen Fernrohr, wo man wegen des hohlen Augenglases kein eigentliches Bild hat, ist dieses Instrument nicht brauchbar; wohl aber bei Spiegelteleskopen, wenn man es so anbringt, daſs das Bild auf der Hornscheibe recht deutlich erscheint.

Ramsden hat ein ganz ähnliches Instrument angegeben, und scheint[1] der erste Erfinder zu seyn. Er gebraucht aber eine andere Vorrichtung, um das kleine Bild, welches bei jenem auf der getheilten Scheibe dargestellt wird, zu messen. Dazu bedient er sich nämlich einer in zwei Hälften zerschnittenen Linse, die daher *zwei* Bilder darstellt; die eine Hälfte wird dann vermittelst einer Schraube so gestellt, daſs das durch sie hervorgebrachte Bild das durch die andere Hälfte hervorgebrachte berührt; der Abstand beider, so wie er bei dieser Stellung ist, wird durch eine feine Schraube gemessen, und so der Durchmesser des Bildes bestimmt. (Vergl. über diese Messungsart die Artikel *Mikrometer, Heliometer*). *B.*

Axe.

Axis; Axe; *Axis.* Dieses Wort hat eine geometrische und eine mechanische Bedeutung, und kömmt in der Anwendung beider Bedeutungen sehr häufig vor.

Aus der Geometrie ist nämlich bekannt, daſs man unter Axe eines auf der Kugel gezeichneten Kreises die Linie versteht, die, gegen die Ebene dieses Kreises senkrecht, durch den Mittelpunct die Kugel gezogen ist. In diesem Sinne haben also alle auf die Kugel gezeichneten Kreise ihre Axen, und die Axe ist eine und dieselbe für mehrere Parallelkreise. Eine andere geometrische Bedeutung des Wortes Axe kömmt bei krummen Linien vor, wo es die gerade Linie bezeichnet, gegen welche die Curve symmetrisch ist. Zieht man gegen eine solche Axe senkrechte Linien, so treffen diese die Curve an beiden Seiten in gleichen Entfernungen. Daher hat die Parabel eine Axe; die Ellipse und Hyperbel haben zwei auf einander senkrechte Axen, in deren einer die beiden Brennpuncte liegen. Da die Planetenbahnen Ellipsen sind, so haben auch sie Axen, und zwar stimmt ihre groſse Axe mit der Apsidenlinie überein.

An diese Bedeutung schlieſst sich die Bedeutung des Wortes Axe bei runden Körpern an. Giebt es nämlich für einen durch eine krumme Fläche begrenzten Körper, eine

---

1 Nach Brewsters Edinb. Philos. Journal Nr. XV. p. 185.

gerade Linie, die so beschaffen ist, dafs alle durch sie gelegte Ebenen mit der Oberfläche Durchschnittslinien bilden, deren Axe jene gerade Linie ist, so heifst diese Linie auch die Axe der Oberfläche oder die Axe des Körpers. Bei den runden Körpern sind alle Querschnitte, deren Ebene durch die Axe geht, ganz gleich, und daher sind alle Querschnitte, deren Ebenen senkrecht auf die Axe stehen, Kreise. In diesem Sinne hat der Cylinder, der Kegel, das Sphäroid eine Axe.

Die Axe eines Linsenglases ist die durch die Mittelpuncte beider Kugelflächen gehende Linie, oder wenn eine Seite eben ist, die durch den Mittelpunct der andern senkrecht auf jene gesetzte Linie. Die Axe eines Hohlspiegels oder erhabnen Spiegels ist diejenige gerade Linie, welche, wenn man Ebenen durch sie legt, lauter gleiche Durchschnittslinien der Ebenen mit dem Spiegel giebt. Die Axe eines Fernrohrs fällt mit der Axe aller Gläser zusammen. Die Axe des Auges geht durch die Mitte der Pupille und des Krystalles. Was man unter Axen der krystallisirten Körper, besonders in Beziehung auf die doppelte Strahlenbrechung versteht, kömmt unter *Brechung, doppelte* vor.

Im mechanischen Sinne ist die Axe eine Umdrehungsaxe (axis gyrationis), das ist diejenige Linie, welche ruhend bleibt, während jeder andere Punct des Körpers sich um sie herum bewegt. Daher sagt man auch, ein runder Körper entstehe, wenn eine Figur, die eine Axe hat, um diese Axe gedreht wird.

Die *Erdaxe* ist diejenige Linie, um welche die Erde sich dreht, während die Axe selbst immer dieselbe Richtung behält. Die *Weltaxe* heifst die durch die Himmelskugel gezogene gerade Linie, die von einem Pole zum andern geht, und welche uns also zu ruhen scheint, während die scheinbare Himmelskugel sich um sie bewegt. Die Axe eines Rades ist die durch den Mittelpunct gegen die Ebene des Rades senkrechte Linie; statt dessen nennt man aber auch den dünnen Cylinder, dessen Axe senkrecht gegen des Rades Ebene durch den Mittelpunct desselben geht, *die Axe des Rades*, um welche sich das Rad beim Gebrauche dreht. Eine *freie Axe* oder Hauptaxe, axis gyrationis liber, axis prin-

cipalis heifst diejenige, um welche sich ein Körper drehen kann, ohne dafs die durch die Bewegung hervorgebrachten Schwungkräfte eine Aenderung in der Lage der Axe selbst zu bewirken streben. Bei einer homogenen Kugel ist jeder Durchmesser eine solche Axe; bei runden, durchaus gleichartigen Körpern ist die Axe der krummen Oberfläche auch eine solche freie Axe; bei andern Körpern giebt es wenigstens allemal drei auf einander senkrechte, durch den Schwerpunct gehende Linien, die geschickt sind, freie Axen des Körpers darzustellen. *B.*

Axendrehung.

Rotatio s. gyratio circa axim; Rotation autour d'un axe; *Rotation or rotatory motion;* ist die Bewegung eines Körpers, wobei jedes einzelne Theilchen einen Kreis um eine innerhalb des Körpers liegende gerade Linie beschreibt, die dann die Axe heifst. Diese Axe kann selbst eine Bewegung haben, während die relative Bewegung aller Theilchen des Körpers gegen sie darin besteht, dafs jedes einen Kreis um einen in der Axe liegenden Punct durchläuft. Um die Gesetze dieser Axendrehung dem Wesentlichen nach zu übersehen, wollen wir zuerst annehmen, die Axe werde festgehalten und der Körper selbst sey fest und von unveränderlicher Gestalt. In diesem Falle dauert, wenn keine fremden Kräfte einwirken, die einmal erlangte Geschwindigkeit jedes Theilchens unverändert fort, oder der Körper dreht sich mit unveränderter Winkelgeschwindigkeit um diese Axe. Jedes Theilchen aber erhält, vermöge der Schwungkraft, ein Bestreben, sich von der Axe zu entfernen, und da es fest mit der Axe verbunden ist, so leidet die Axe, vermöge dieser Schwungkraft einen Druck. Stellt man sich den ganzen Körper in Schichten senkrecht auf die Axe zerschnitten vor, so läfst sich zeigen, dafs der gesammte Druck, den eine ganze Schicht vermöge der Schwungkraft auf den in ihr liegenden Punct der Axe ausübt, eben so grofs ist, als er seyn würde, wenn die Masse der Schichte im Schwerpuncte der Schicht vereiniget wäre, und dieser mit eben der Winkelgeschwindigkeit um die Axe herum geführt würde. Geht also die Axe durch den Schwerpunct der

Schicht, so heben die Schwungkräfte sich ganz auf und die Axe leidet gar keinen Druck. Soll dieses für den ganzen Körper statt finden, *so mufs* die Axe durch die sämmtlichen Schwerpuncte aller einzelnen Schichten gehn, und wo das nicht der Fall ist, da leidet die Axe einen Druck, der, wenn sie nicht festgehalten würde, sie selbst in Bewegung setzen würde. Liegen die Schwerpuncte alle in einer einzigen durch die Axe gelegten Ebene, so läfst sich (den einzigen Fall ausgenommen, wo die Summe der Kräfte nach der einen Seite eben so grofs als die Summe der Kräfte nach der andern Seite ist, und die mittlere Richtung jener nicht mit der mittleren Richtung dieser in eine einzige gerade Linie fällt,) ein einziger Punct angeben, in welchem die Axe festgehalten werden müfste, um völlig zu ruhen; auch in andern Fällen lassen sich oft die Schwungkräfte auf eine einzige zurückführen; ist aber dieses nicht der Fall, so mufs die Axe in zwei Puncten fest gehalten werden, und die Gröfse der erforderlichen Kräfte läfst sich aus den in jeder einzelnen Schicht wirkenden Schwungkräften bestimmen[1].

Wenn die Schwungkräfte so ausfallen, dafs sie sich alle in eine einzige Mittelkraft vereinigen lassen, oder dafs es nur nöthig ist, einen einzigen Punct der Axe fest zu halten, so wird freilich, wenn dieser Punct frei gelassen wird, die Axe nicht mehr ruhen; aber während die Axe parallel mit sich selbst fortrückt, wird der Körper sich um die Axe ebenso drehen, wie er es um die ruhende, fest gehaltene Axe that. Die Axe heifst alsdann eine *freie Axe* oder eine *Hauptaxe* des Körpers, und eine genauere Untersuchung zeigt, dafs sich durch jeden Punct eines Körpers drei auf einander senkrechte Linien angeben lassen, die als solche freie Axe dienen könnten, dafs aber (seltne Ausnahmen abgerechnet) es auch nur ein einziges solches System dreier Axen für jeden Punct des Körpers giebt[2]. Für den Schwerpunct giebt es nun ebenfalls drei solche auf einander senkrechte Hauptaxen,

---

1 Diese Unters. sind in Brandes Lehrbuch der Gesetze des Gleichgew. u. d. Bewegung fester und flüssiger Körper 2 Th. 14ter Absch. erläutert.

2 Poisson traité de mécanique. Tom. 2. p. 102. 158. 174. und leichtere Beispiele in Brandes Lehrbuch der Ges. der Beweg. 2 Th. S. 240.

und bei diesen ist die auf die Axe ausgeübte Gewalt = 0, das heifst, wenn der Körper um eine durch den Schwerpunct gehende Hauptaxe sich dreht, so bedarf es gar keiner Kraft, um die Axe zu halten, (vorausgesetzt, dafs nicht noch andere Kräfte aufser den Schwungkräften auf den Körper wirken), sondern die Drehung geht ungestört, und bei ruhender Axe fort, auch wenn diese völlig frei ist. Unter den drei durch den Schwerpunct gehenden Hauptaxen zeichnet eine sich dadurch aus, dafs in Beziehung auf sie das Moment der Trägheit gröfser ist, als in Beziehung auf jede andere durch den Schwerpunct gehende Axe; für die zweite ist dagegen das Moment der Trägheit kleiner als für irgend eine andere Axe; für die dritte ist zwar das Moment der Trägheit nicht so ein Gröfstes oder Kleinstes, sondern es fällt zwischen jene beiden; aber wenn man eine Ebene durch die erste und dritte Axe legt, so ist das Trägheitsmoment in Beziehung auf diese dritte Axe kleiner als in Beziehung auf irgend eine andere in der angeführten Ebene liegende und durch den Schwerpunct gehende Axe; und wenn man eine Ebene durch die zweite und dritte Hauptaxe legt, so ist das Moment der Trägheit in Beziehung auf die dritte Axe gröfser als in Beziehung auf irgend eine andere in eben der Ebene liegende und durch den Schwerpunct gehende Axe.

Wenn man den Körper in eine Rotationsbewegung setzt, um eine Axe, die einen sehr kleinen Winkel mit einer der Hauptaxen einschliefst, so ist die Bewegung für einen ganz freien Körper verschieden, je nachdem die Drehungsaxe entweder mit der Hauptaxe, welcher das gröfste oder kleinste Trägheitsmoment zugehört, oder mit der dritten Hauptaxe, nahe zusammenfällt. Ist die Umdrehungsaxe gegen eine *jener* beiden Hauptaxen unter einem sehr kleinen Winkel geneigt, so wird zwar die Drehung nicht fortwährend um die Axe statt finden, um welche man den Körper zuerst in drehende Bewegung setzte, aber wenn gleich die Drehungsaxe in jedem Augenblick eine andre wird, so entfernt sie sich doch immer nur sehr wenig von jener Hauptaxe. Ist es dagegen die dritte Hauptaxe, mit welcher im Anfange der Bewegung die Umdrehungsaxe nur einen kleinen Winkel macht, so ändert sich im Fortgange der Zeit die Drehungsaxe im Körper

so, dafs sie nach und nach sich sehr weit von jener Hauptaxe entfernen kann. Obgleich also um alle drei durch den Schwerpunct gehende Hauptaxen die Drehung stattfindet, ohne dafs es nöthig ist, die Axe fest zu halten, so ist der Zustand doch nur dann ein stabiler, sichrer, nur kleinen Schwankungen unterworfener Zustand der Drehung, wenn der Körper sich entweder um *die* Axe dreht, in Beziehung, auf welche das Moment der Trägheit ein Gröfstes, oder in Beziehung, auf welche es ein Kleinstes ist. In diesem Falle nämlich kann eine kleine fremde Einwirkung auf die Bewegung wohl die Folge haben, dafs die Drehung um eine wenig von der Hauptaxe verschiedene Axe statt findet, aber die Drehungsaxe wird sich nie erheblich von jener Hauptaxe entfernen, wenn, wie wir angenommen haben, jene fremde Einwirkung nur geringe ist. Dreht sich dagegen der Körper um jene dritte Axe, so dauert diese Drehung zwar so lange regelmäfsig fort, als die Drehungsaxe ganz genau mit der Hauptaxe zusammenfällt, sobald sie aber im geringsten von derselben abweicht, so wird die Abweichung immer gröfser, und es findet keineswegs so wie in den vorigen Fällen ein Bestreben, zu jener Axe zurückzukehren, statt.

Aus dieser Betrachtung, wo wir nach und nach andre im Innern des Körpers gezogene gerade Linien als Umdrehungsaxen fanden, läfst sich nun auch übersehen, was man unter einer *augenblicklichen Drehungsaxe* (axe instantané) versteht, nämlich diejenige, um welche während eines sehr kleinen Zeittheilchens die einzelnen Puncte des Körpers Kreisbogen durchlaufen, die aber diese Eigenschaft Drehungsaxe zu seyn, nur einen Augenblick behält, indem im nächsten schon die Drehung um eine andere Axe erfolgt[1].

B.

---

1 Vollständigere Untersuchungen über diesen Gegenstand findet man in Poisson traité de mécanique. Livre 5; Lagrange mécanique analytique; Laplace mécanique céleste Livre 5; und Mém. sur quelques nouv. proprietés des axes permanens de rotation des corps par Ampère. Paris. 1824.

Azimuth.

Azimuth; Azimuth; *Azimuth*[1]. Das Azimuth eines Sternes ist der Bogen des Horizontes, welcher zwischen dem Meridian und dem Scheitelkreise des Sterns liegt. Der Winkel, welchen der durch den Stern und das Zenith gehende Scheitelkreis mit dem Meridian macht, wird also dadurch abgemessen. Das Azimuth ist östlich (orientale) oder westlich (occidentale), je nachdem ein Stern östlich oder westlich vom Meridian steht; im südlichen Meridian ist das Azimuth $= 0$.

Durch Azimuth und Höhe ist die Lage eines Gestirns völlig bestimmt, daher pflegt man bei den Instrumenten, welche die Höhe angeben, zugleich einen horizontalen Kreis anzubringen, auf welchem das Azimuth abgelesen wird, wenn der Nullpunct des Kreises dem südlichen Meridian entspricht.

Man findet das Azimuth eines Sternes, wenn man die Polhöhe des Beobachtungsortes $HP = \varphi$, des Sternes Abweichung $ST = \delta$ und den Stundenwinkel $SPA = \varsigma$ desselben kennt, indem dann für das Azimuth AZS Cotang. Azimuth $= \frac{\text{Sin.}\,\varphi\ \text{Cos.}\,\varsigma - \text{Tang.}\,\delta\ \text{Cos.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,\varsigma}$ ist. Durch die Höhe h ausgedrückt ist auch Cos. Azimuth $= \frac{\text{Sin.}\,\varphi\ \text{Sin.}\,h - \text{Sin.}\,\delta}{\text{Cos.}\,\varphi.\ \text{Cos.}\,h}$, und folglich, wenn $h = 0$ oder der Stern im Horizonte ist, Cos. des Azimuths $= -\frac{\text{Sin.}\,\delta}{\text{Cos.}\,\varphi}$ eine Formel, die zugleich die für die Abendweite gefundene[2] enthält. Will man das Azimuth des auf- oder untergehenden Gestirns mit Rücksicht auf die Strahlenbrechung finden, so müſste man h nicht $= 0$, sondern der Horizontalrefraction negativ genommen gleich setzen, so daſs wenn diese $= \Delta h$ gesetzt wird, man genau genug für den Auf- oder Untergang Cos. Azimuth $= -\frac{\text{Sin.}\,\delta}{\text{Cos.}\,\varphi} - \text{Tang.}\,\varphi.\ \Delta h - \frac{\text{Sin.}\,\delta}{2\,\text{Cos.}\,\varphi}\ (\Delta h)^2$ hätte; —

Fig. 113.

---

1 Ein arabisches Wort, das von einem Worte, welches „Himmelsgegend" bedeutet, abstammen soll. Montucla hist. des math. I. 371.

2 Vergl. *Abendweite.*

eine Formel, die immer genau genug ist, wenn nicht etwa der Stern beim Aufgange und Untergange sehr nahe am Meridian ist; in diesem Falle nämlich gehören mit geringen Aenderungen des Cosinus grofse Aenderungen des Winkels zusammen, die durch jene nicht hinreichend genau bestimmt werden.

Wenn man die Beobachtung der aufgehenden oder untergehenden Sonne anwenden will, um die Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen, oder um das Azimuth irdischer Gegenstände anzugeben[1], so mufs man auf diese aus der Strahlenbrechung entstehende Aenderung des Azimuths Rücksicht nehmen. Wenn man die Horizontalrefraction auf 32′ setzt, so beträgt in 50° geogr. Breite diese Aenderung für die Sonne um die Nachtgleiche etwa 38 Minuten, um den längsten Tag ungefähr 50 Minuten, und um den kürzesten Tag fast eben so viel, da das von Δh^2 abhängende Glied, welches dann positiv ist, kaum in Betrachtung kömmt. In höhern Breiten beträgt es viel mehr: zum Beispiel in 80 Gr. Breite wird das Azimuth der untergehenden im Aequator stehenden Sonne 3 Grad geändert, wenn man die Horizontalrefraction auf 32 Minuten, und nahe an 5 Grad, wenn man die Horizontalrefraction in jenen nördlichen Gegenden auf 50 Min. setzt.

Ein Beispiel, wie man das genau berechnete Azimuth der untergehenden Sonne anwenden kann, um entfernte Berge, die sonst in den Dünsten am Horizont unsichtbar sind, zu sehen, giebt von Zach[2]. Um den Canigou in den Pyrenäen von Marseille aus oder vielmehr von dem Berge de Notre Dame de la Garde bei Marseille zu sehen, berechnete er die Richtung der *Gesichtslinie* und wählte, um den Berg zu sehen, *den Tag*, wo er sich in oder sehr nahe bei der untergehenden Sonne zeigen mufste. Als die Sonne noch über dem Horizonte stand, sah man nichts von dem Berge, aber in demselben Augenblicke als sie *ganz* untergegangen war, sah man die ganze Bergreihe, ganz schwarz mit überraschender Deutlichkeit in der Abendröthe vor sich. *B.*

1 Wovon man in von Zach correspond. astronomique Vol. V. 506 Beispiele findet.

2 Correspond. astronomique. I. 413.

B.

Bahn eines Planeten oder Kometen.

Orbita planetae aut cometae; Orbite d'une planète ou comète; *Orbit*. Daſs man unter der Bahn eines Himmelskörpers die Linie versteht, in welcher er, oder eigentlich sein Schwerpunct sich fort bewegt, ist bekannt. Wir wissen jetzt, daſs alle Himmelskörper sich in Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln bewegen; daſs diese Curven die einzigen sind, in welchen Körper, die von einer den Quadraten der Abstände umgekehrt proportionalen anziehenden Kraft in ihren Bahnen erhalten werden, um ihren Hauptkörper laufen können, und daſs dieser anziehende Mittelpunct sich im einen Brennpuncte der Bahn befindet.

Diese eben angeführten, aus den Principien der Mechanik abgeleiteten Resultate wurden zuerst von Newton entdeckt. Seine Untersuchungen über diesen Gegenstand, ganz in der geometrischen Lehrart der Alten durchgeführt, machen einen Haupttheil seiner Principia philosophiae naturalis aus, und leiten aus den theils schon früher bekannten, theils von ihm selbst mit einem seltenen Scharfsinn aufgefundenen Eigenschaften jener Curven, die Bestimmungen her, die den allgemeinen Gesetzen der Bewegung gemäſs hier statt finden müssen. Später sind dieselben Lehren, für die Anwendung brauchbarer, und zugleich mit Berücksichtigung der störenden Einwirkungen vollständiger, in analytischen Formeln dargestellt, und die Untersuchungen über die wahren Bewegungen der Planeten zu einer so groſsen Vollkommenheit gebracht, daſs nur noch wenig zu wünschen übrig bleibt. Diese Untersuchungen, die von mehrern bearbeitet und vervollkommnet sind, finden sich am vollendetsten in Laplace *traité de mécanique céleste*, — einem Buche, das ebenso wie Newtons principia, als reich an den gröſsten Beweisen von Scharfsinn, selbst dann noch einen unvergänglichen Werth behalten wird, wenn die Wissenschaft auch im Laufe der Zeiten die bedeutendsten Fortschritte wird gemacht haben.

Diese Untersuchungen über die theoretische Bestimmung der Bahnen sollten hier allerdings erörtert werden; aber da ihre Begründung an einem andern Orte[1] vorkömmt, so ist es passender, sie dort abzuhandeln. Dagegen gehört hierher ganz eigentlich die Frage, wie man aus bloſser Beobachtung die Bahn eines Planeten oder Cometen bestimmen könne. Diese Frage erfordert eine andere Beantwortung in dem Falle, wo man vieljährige Beobachtungen des Planeten vor sich hat, also seine Umlaufszeit kennt, und ihn in jedem Puncte seiner Bahn beobachtet hat, eine andere in dem Falle, da man nur wenige Beobachtungen eines neu entdeckten Himmelskörpers vor sich hat.

I. Wie man die Bahn eines viele Jahre beobachteten Planeten genau bestimmen kann, hat Kepler gezeigt, der bei dieser Untersuchung die beiden ersten unter dem Namen der *Keplerschen Gesetze* bekannten Gesetze der Bewegung aller Planeten fand. Seine mit groſsem geometrischen Scharfsinn und mit unermüdlicher Geduld durchgeführten Untersuchungen zeigen, wie die richtig benutzten Beobachtungen gleichsam Schritt für Schritt der Wahrheit näher führten, und sie verdienen daher wohl, hier näher entwickelt zu werden.

1. Obgleich schon Ptolemaeus und seine Nachfolger und nachher Copernicus versuchten, die Bahnen der Planeten und die Bewegung derselben in ihren Bahnen so zu bestimmen, wie es die Beobachtungen forderten, so erreichten doch ihre Untersuchungen keinen hohen Grad von Vollendung, da sie theils bei der Unvollkommenheit der vorhandenen Beobachtungen sich mit einer sehr rohen Annäherung zur Wahrheit begnügen konnten, und theils auch die Abweichungen von der Erfahrung, die über die Beobachtungsfehler hinausgingen, nicht mit genug Sorgfalt beobachteten. Selbst Copernicus begnügte sich, die Anordnung der Planetenbahnen dem *Wesentlichen* nach darzustellen[2], und blieb in der Bestimmung der kleinern Umstände noch weit von der Wahrheit entfernt. Tycho empfand lebhaft die

---

1 S. *Centralkräfte*.

2 S. *Weltsysteme*.

Nothwendigkeit, Tafeln, die genauer mit den Beobachtungen stimmten, zu besitzen, und die Schwierigkeit aus den bisherigen Theorien eine bessere Uebereinstimmung zu erhalten, und seine und seiner Schüler vergebliche Bemühungen veranlafsten Kepler die ganze Untersuchung auf eine durchaus gründliche Weise noch einmal von vorne anzufangen [1].

2. Kepler [2] fühlte sogleich die Nothwendigkeit, selbst die kleinen Correctionen anzubringen, die bei der Zurückführung der Länge auf den Ort in der Bahn u. s. w. nöthig sind, er führte die richtige Betrachtung der wahren Opposition ein, zeigte, dafs man die tägliche Parallaxe als höchst unbedeutend nicht zu beachten brauche u. s. w. Er zeigt dann ein richtigeros Verfahren, um die Knoten der Marsbahn und ihre Neigung gegen die Ekliptik zu bestimmen, und widerlegt vollständig die bis dahin angenommene Meinung [3], als ob die Knotenlinie nicht ganz unveränderlich, sondern die Lage der Bahn gewissen Schwankungen unterworfen sey. Schon hierbei erkennt man den geometrischen Scharfsinn Keplers, der aus den zahlreichen Beobachtungen Tycho's diejenigen auszuwäh-

---

1 Kepler hatte schon früher gewünscht, Beobachtungen vergleichen zu können, und kam zu Tycho mit dem lebhaften Wunsche, vorzüglich die Excentricitäten der Planetenbahnen aus Tycho's Beobachtungen genau kennen zu lernen. Hier fand er den Christian Severini mit Berechnungen über den Mars beschäftigt, und dies war die Veranlassung, dafs auch er den Mars zum Gegenstand seiner Untersuchungen wählte; er bemerkt es (im 7. Cap.) als eine besondere Schickung, dafs er so gerade auf *den* Planeten geleitet wurde, der allein, wegen seiner starken Excentricität, zu einer genauern Kenntnifs der Planetenbahnen führen konnte, zu einer Zeit, wo die kleineren Ungleichheiten in der Bewegung der übrigen Planeten noch nicht mit der Sicherheit erkannt werden konnte, sondern den Rechner in Ungewifsheit gelassen hätten, ob nicht Beobachtungsfehler allein hier die Uebereinstimmung mit der Rechnung störten.

2 Das folgende ist der kurze Inhalt der weitläuftigen und gründlichen Untersuchungen, die Kepler in seinem Hauptwerke, dessen vollständigen Titel ich hierher setze, anstellt. Astronomia nova αἰτιολογητος, seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis. Ex observationibus g. v. Tychonis Brahe, plurium annorum pertinaci studio elaborata Pragae a Joanne Keplero Anno 1609.

3 l. c. Cap. XIV.

len wuſste, die am besten geeignet waren, um die gesuchte Bestimmung unmittelbar und ohne Einmischung anderer noch nicht mit Sicherheit berichtigter Elemente zu ergeben.

3. Mit Hülfe dieser Grundlagen wurden nun die Puncte in der Bahn, wo der Mars sich bei den beobachteten zwölf Oppositionen befunden hatte, genau berechnet, und Kepler geht dann zur Beantwortung einer Hauptfrage über [1], nämlich: ob sich vier Oppositions-Oerter und Zeiten mit der Voraussetzung vereinigen lieſsen, daſs sich Mars auf einem Kreise so bewege, daſs seine Bewegung um einen ausgleichenden Punct (punctum aequans) innerhalb der Bahn als gleichförmig erscheine. Um diese Aufgabe indirect aufzulösen, wurde die Lage der Apsidenlinie, in welcher jener ausgleichende Punct sich befinden muſste, als bekannt angenommen, und aus der bekannten mittleren und wahren Länge des Planeten in seiner Bahn die Entfernung des Planeten von der Sonne berechnet, (der Abstand des ausgleichenden Punctes von der Sonne lag dabei als Einheit zum Grunde); die Frage war nun, ob man durch eine nach und nach anders angenommene Richtung der Apsidenlinie die so berechneten Orte zur Zeit der Oppositionen als auf einem und demselben Kreise liegend erhalten könnte. Die Antwort fiel bejahend aus; denn nicht bloſs lieſs sich für vier Oppositionsbeobachtungen ein solcher Kreis angeben, sondern eben der Kreis entsprach auch den Längen für alle zwölf Oppositionen bis auf 2 Minuten, — und diese Differenz konnte allenfalls den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden.

4. Diese Hypothese, die mit den in den Oppositionen beobachteten Längen so gut zu stimmen schien, wurde zweitens durch die in den Oppositionen beobachteten Breiten geprüft. Dabei nahm Kepler die Abstände der Erde von der Sonne aus Tycho's Tafeln als bekannt an; fand aber, daſs die beobachteten Breiten bei den durch die vorige Rechnung angegebnen Orten des Mars nicht statt finden konnte; der aus den Längen berechnete Kreis, dessen

1 l. c. Cap. XVI. u. XVIII.

ausgleichender Punct dem Mittelpuncte bedeutend näher liegen sollte, als die (an der andern Seite des Mittelpuncts liegende) Sonne, paſste also nicht für die Breiten; man konnte zwar die Abweichung der Beobachtung von der Rechnung dadurch vermindern, daſs man des Kreises Mittelpunct genau in die Mitte zwischen der Sonne und dem ausgleichenden Puncte setzte; aber dann ergaben sich die Längen unrichtig und gaben einen bis auf 8 Min. gehenden Unterschied. Diese 8 Min. konnten keine Beobachtungsfehler in den hierzu viel zu genauen Beobachtungen Tycho's seyn, und sie allein waren es also, wie Kepler sagt[1], die den Weg zur Reformation der Astronomie zeigten. Die Vergleichung anderer, auſser der Opposition angestellter Beobachtungen widerlegte gleichfalls die Meinung, daſs der Mars sich nach dem hypothetisch angenommenen Gesetze auf einem genauen Kreise bewege.

5. Es wurde also nöthig, noch einmal die Fundamente der Rechnung zu untersuchen, und vor allem auch zu sehen, ob die nach den vorhandenen Tafeln angenommenen Stellungen der Erde noch einer Verbesserung bedürften. Kepler suchte daher aus den Beobachtungen selbst das Verhältniſs der Abstände der Erde von der Sonne in den verschiedenen Puncten ihrer Bahn zu bestimmen. Er wählte zu diesem Zwecke solche Beobachtungen aus, bei welchen der Mars in demselben Puncte seiner Bahn gestanden hatte, aber von verschiedenen Puncten der Erdbahn aus gesehen war, und berechnete nun den von dem ausgleichenden Puncte der Erdbahn, der nach Copernicus zugleich der Mittelpunct der Erdbahn seyn sollte, an den jedesmaligen Ort der Erde gezognen Radius. Diese Radien ergaben sich ungleich, und so erhellte, daſs auch bei der Erdbahn der ausgleichende Punct, der Punct nämlich, von welchem aus die Bewegung als gleichförmig erscheinen würde, nicht mit dem Mittelpuncte zusammentreffe, sondern der Sonne gegenüber an der andern Seite des Mittelpuncts liege. Er bestimmt die Gröſse dieser Excentricität, bestätigt sie durch mehrere verglichene Beobachtungen, und

1 Cap. XIX.

berechnet darnach die Abstände der Erde von der Sonne für jeden Punct der immer noch als kreisförmig angesehenen Erdbahn.

6. Hieran knüpfte sich nun die Bemerkung, daſs die Geschwindigkeit der Erde in den verschiedenen Puncten ihrer Bahn fast genau in umgekehrtem Verhältniſs mit der Entfernung von der Sonne stehe, und daran ferner *das erste Keplersche Gesetz, daſs die vom Radius Vector beschriebenen Flächen den Zeiten proportional sind*[1]. Zwar waren, wie KEPLER selbst bemerkt, die auf den Kreis angewandten Beweise für dieses Gesetz nicht vollkommen strenge, indem (selbst bei unendlich kleinen Winkeln) die vom Rad. Vect. beschriebene Winkelfläche nur dann genau im zusammengesetzten Verhältniſs der Geschwindigkeit und des Abstandes ist, wenn der Radius Vector immer einerlei Winkel mit der Bahn macht; aber er bemerkt, daſs der hieraus entstehende Fehler durch die gleichfalls nicht ganz richtige Voraussetzung, daſs die Bahn ein Kreis sey, aufs genaueste, (quod miraculi loco sit)[2] ausgeglichen werde.

7. Mit dieser genauern Kenntniſs der Stellungen der Erde in ihrer Bahn ausgerüstet, kehrt er abermals zur Berechnung des Mars zurück, und fängt die Bestimmung seiner Bahn ganz von neuem wieder an. Wenn man in mehreren nach einander folgenden Umläufen des Mars, ihn genau zu der Zeit, da er in denselben Punct seiner Bahn zurückkehrte, von verschiedenen Puncten der Erdbahn aus, beobachtet hat, so kann man, da jetzt die Puncte, wo die Erde sich damals befand, als genau bekannt angesehen werden durften, den genauen Abstand des Mars von der Sonne in einem solchen Puncte seiner Bahn angeben. Um auf diese Weise die Abstände des Mars von der Sonne in verschiedenen Puncten seiner Bahn zu finden, wählte KEPLER zuerst Beobachtungen, bei denen Mars seiner Sonnennähe, und andere, bei denen er seiner Sonnenferne nahe war, aus diesen lieſs sich die gröſste und

1 Cap. XL.
2 Cap. XL.

kleinste Entfernung von der Sonne und die Lage der Apsidenlinie finden. Hiermit wäre also der excentrische Kreis des Mars, wenn er auf einem Kreise liefe, völlig bekannt gewesen, und jede auf die angegebene Weise geführte Berechnung eines, ungefähr in die Mitte zwischen Sonnennähe und Sonnenferne fallenden Radius der Marsbahn mufste sogleich ergeben, ob diese Bahn ein Kreis sey. Es zeigte sich, dafs sie kein Kreis ist, indem die zu andern Zeiten angestellten Beobachtungen den Abstand des Mars von der Sonne alle kleiner angaben, als der Kreis es verlangte, und zwar um desto mehr vom Kreise abweichend, je mehr sie von der Apsidenlinie entfernt waren. Die Bahn ergab sich also als ein Oval, dessen lange Axe mit der Apsidenlinie zusammenfiel[1].

8. Kepler glaubte sich diese ovale Form der Bahn durch eine auf physische Ursachen gebaute Hypothese erklären zu können, und rechnete lange und viel über die Orte, welche der Planet auf dem nach dieser Hypothese bestimmten Oval einnehmen müfste; aber keinesweges zufrieden mit irgend einer auf blofse Hypothesen gegründeten Bestimmung, verglich er auch diese Resultate aufs neue mit den Beobachtungen, und fand bei sorgfältiger Berechnung, dafs sein Oval sich mehr vom Kreise entfernte, als die durch die Beobachtungen bestimmte Bahn; diese Hypothese mufste also aufgegeben werden, und Kepler schliefst die Erzählung seiner vielen, für diese Hypothese aufgewandten Bemühungen, mit den Worten[2]: itaque causae physicae capitis XLV. in fumos abeunt.

9. Er suchte jetzt aus den Beobachtungen eine empirische Regel und fand (sehr nahe richtig,) durch diese den wahren Radius Vector SU = ST. Cos. STC, wenn S die Sonne, C die Mitte der Apsidenlinie, T ein Punct des um C beschriebenen Kreises, und U ein Punct in der Bahn auf dem Radius Vector ST, ist, oder mit T in gleicher wahrer Anomalie liegt. Die hieran geknüpften Betrachtungen führten ihn endlich zu der Ueberzeugung, dafs

Fig. 114.

---

1 Cap. XLIV.
2 Cap. LV.

die Bahn eine Ellipse sey, und diese Bestimmung ist die, welcher man den Namen des *zweiten Keplerschen Gesetzes* gegeben hat. KEPLER zeigt[1], *dafs in der Ellipse die genaue Richtigkeit des ersten Gesetzes eintrete*, und wenn gleich seine Demonstrationen hier nicht ohne Mängel sind, (er sagt selbst, sein Beweis sey ἀγεωμέτρητος, und er hätte gewünscht, einen, der auch dem Apollonius genügen würde, zu finden) so war doch die Wahrheit richtig gefunden, und alle Erscheinungen waren so richtig erklärt, dafs für den damaligen Zustand der beobachtenden Astronomie nichts mehr zu wünschen übrig blieb.

10. Jenen *zwei* wichtigen *Gesetzen* für die Bewegung der Planeten fügte Kepler später noch ein *drittes Gesetz* hinzu, *dafs die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten sich verhalten wie die Cubi der mittleren Entfernungen.* KEPLER fand dieses Gesetz[2], dessen eigentlichen Grund eine tiefere auf mechanische Principien gebaute Untersuchung erst ergeben konnte, durch eine Reihe mannigfaltig versuchter Vergleichungen unter den Zahlen, welche die Bewegungen der Planeten darstellen; es bewährte sich ihm als *vollkommen* zutreffend, und ist in der That eines der Hauptgesetze, die wir später durch NEWTONS Untersuchungen als *nothwendige* bei den Bewegungen der Planeten kennen gelernt haben.

11. Die *Bestimmung der Bahn eines Himmelskörpers aus wenigen*, nicht einmal *einen* ganzen Umlauf umfassenden *Beobachtungen* konnten nicht eher gelingen, bis man die nothwendigen Bedingungen, denen die Bewegung aller durch die anziehende Kraft der Sonne in ih-

---

1 Cap. LIX.

2 Er theilt diese Entdeckung mit in seinem Buche: Harmonices mundi libri quinque. Lincii 1619. p. 189. Mit welchen mannigfaltigen andern Vergleichungen der Zahlen, welche die Bahnen der Planeten bestimmen, K. sich beschäftigte, sieht man aus diesem Buche; die übrigen aber sind, als blofse fruchtlose Combinationen einer reichen, überall Harmonie suchenden, Phantasie vergessen worden, obgleich diese gesammten Combinationen ihren Urheber mit einer Freude erfüllten, die wohl niemand ohne freudige Theilnahme im Prooemium des 5. Buchs lesen wird.

ren Bahnen erhaltener Himmelskörper unterworfen sind, kannte.

Solche Bestimmungen zu versuchen, fand man selbst bis zu sehr neuer Zeit nur bei den Kometen Veranlassung, und daher werde ich zuerst nur das Wichtigste von der Bestimmung der Kometenbahnen angeben.

1. Aus dem eben Angeführten erhellt schon, dafs vor Newton eine strenge Bestimmung der *Kometenbahnen* nicht wohl statt finden konnte. Daher kann Keplers Meinung, die Kometen bewegten sich auf einer geraden Linie fort[1], hier auf keine nähere Erwägung Anspruch machen.

Hevel giebt zwar mehrmals die nach seinen Vermuthungen bestimmten wahren Oerter der von ihm beobachteten Kometen an, aber hat dabei nur sehr unsichere Voraussezzungen befolgt; und wenn es gleich wahr ist, dafs er in seiner (im Jahr 1668 herausgegebenen) Kometographie mit vieler Zuversicht behauptet[2], die Bahnen der Kometen wären Parabeln, so läfst sich doch aus seinen höchst weitschweifigen Erörterungen wohl übersehen, dafs er über die Lage dieser Parabel nichts Gewisses anzugeben wufste, ja es ist sehr zweifelhaft, ob er daran, dafs die Ebene der Bahn durch die Sonne gehen müsse, gedacht hat. Man darf daher mit Recht Dörfel[3] als wahren Entdecker des richtigen Satzes nennen, dafs die Kometenbahn eine Parabel sey, in deren Brennpunct die Sonne steht. Er gründete diese Behauptung auf einen Versuch, die Projection der Bahn des 1680 beobachteten Kometen auf die Ebene der Ekliptik so zu zeichnen, dafs sie die beobachteten Längen des Kometen darstellte und eine bei der Annäherung zur Sonne zunehmende Geschwindigkeit zeigte (nach welchem Gesetze zunehmend, darüber erklärt er sich nicht,); indem er über dieser Pro-

1 De cometis libelli tres, auct. J. Kepler p. 86.

2 Hevelii Cometographia. p. 659. 666. 680.

3 Astronomische Betrachtung des grofsen Kometen, welcher im ausgehenden 1680, und im angehenden 1681 Jahr höchst verwunderlich und entsetzlich erschienen. Dessen zu Plauen angestellte Observationen nebst etlichen sonderbaren Fragen, sonderlich von Verbesserung der hevelischen theoriae cometarum ans Licht stellet M. G. S. D. daselbst. Gedruckt durch J. C. Meifsen. 1681. (40 Quartseiten).

jection die Ordinaten so hoch errichtete, als es die beobachteten Breiten forderten, erhielt er eine Curve, die ihn zu der, „wiewohl noch unreifen Erfindung" (wie er S. 24 sagt,) brachte, „ob nicht dieses Kometen und der andern Kometen Bewegungslinie eine Parabole sey, dero Focus in der Sonne zu setzen." Dörfel kannte Hevels Aeufserungen in der Kometographie, bemerkt aber mit Recht, dafs dieser vom Brennpunct der Parabel dort *nichts* erwähne, und allem Anschein nach die Ebene der Bahn nicht als nothwendig durch die Sonne gehend annehme.

Hiernach fällt die Ehre dieser Entdeckung *allenfalls* zum Theil dem Hevel zu; aber Dörfel wird immer mit Recht als derjenige genannt werden, der zuerst *eine Kometenbahn* angab, die ziemlich nahe richtig ist, und die ihn in Stand setzte, (S. 21. 22. 23. 39.) die Erscheinungen, welche die Beobachtung dargeboten hatte, zu erklären.

Aber obgleich ihm die Ehre gebührt, durch eignen Scharfsinn hierauf gekommen zu seyn, so ist ihm doch der Zeit nach schon Borelli vorangegangen [1], der in einer *kleinen ohne seinen Namen herausgegebenen* Schrift gezeigt hat, dafs der im Jahre 1664 erschienene Komet, wenn er sich in einer Parabel bewegte, die Erscheinungen zeigen konnte, welche er wirklich darbot. Borelli nannte sich nicht als Verfasser jener Schrift, vermuthlich weil er sich zu deutlich für das Copernicanische System, welches er vorsichtig das Pythagoräische nennt, erklärt hatte, und nicht ohne Ursache besorgte, dafs die päbstliche Kirche ihm so wenig als einst dem Galilaei dies ungeahndet möchte hingehen lassen [2].

2. Obgleich aber Dörfeln und Borelli die Ehre, diese Gedanken zuerst geäufsert zu haben, zukömmt, so bleibt doch

---

1 Von Zach giebt Nachricht von Borelli's Schrift in der Astron. Zeitschr. III. 348.

2 Nach einer von Kies mitgetheilten und durch von Zach (monatl. Correspondenz. VIII. S. 58) aufs neue bekannt gemachten Bemerkung, sollte Madeweis zuerst jenen Gedanken, die Kometenbahnen wären Parabeln, geäufsert haben. Diese Behauptung beruht aber auf einem Irrthum; ich habe mich aus Madeweis Schriften selbst überzeugt, dafs er nicht aufs entfernteste hieran gedacht hat, und werde diese kleine litterärische Berichtigung an einem andern Orte beweisen.

Newton der Ruhm, **zuerst** *aus Gründen* **und gestützt auf** seine Theorie der Centralkräfte *gezeigt zu haben, warum* wir mit Sicherheit die Bahn als sehr nahe parabolisch ansehen und die Sonne im Brennpuncte dieser Parabel annehmen dürfen; denn erst durch die von ihm aufgefundenen Gesetze der Bewegung war eine wahrhafte Berechnung der Kometenbahnen möglich, wovon auch Newton das erste vollkommen durchgeführte Beispiel gab[1].

3. Das Problem, eine Kometenbahn aus drei vollständigen Beobachtungen zu bestimmen, ist ein völlig bestimmtes, sobald man die durch Newton bewiesenen Gesetze der Bewegung als bekannt annimmt, ja man hat aus drei vollständigen Beobachtungen sogar sechs Gleichungen, um fünf unbekannte Gröſsen zu bestimmen. Stellt man sich nämlich die Kometenbahn als bekannt vor, das heiſst, gegeben durch 1. die Lage ihrer Knotenlinie und 2. ihren Neigungswinkel gegen die Ekliptik; ferner 3. durch ihren Parameter, 4. die Richtung ihrer Axe oder die Lage der Sonnennähe, und 5. durch die Zeit, da der Komet sich in der Sonnennähe befand, — so lassen sich für die Zeitpuncte der drei Beobachtungen die Orte des Kometen in seiner Bahn und daraus seine scheinbaren Längen und Breiten berechnen. Das giebt sechs aus jenen fünf Gröſsen in Verbindung mit bekannten Gröſsen gebildete Gleichungen, unter denen man also, wie die Algebra lehrt, nur fünf zu wählen brauchte, aus welchen jene fünf müſsten gefunden werden können. Aber diese directe Auflösung würde in unauflösliche Schwierigkeiten führen, und dient bloſs zu zeigen, daſs die Bestimmung der Elemente der Bahn möglich seyn müsse.

4. Von einer andern Art, die Aufgabe direct aufzulösen, (die aber die drei Beobachtungen als einander unendlich nahe voraussetzt, also in sofern eine nicht vollkommen zu erfüllende Anforderung enthält,) kann ich nicht besser als mit Olbers's Worten eine Vorstellung geben[2]. Da-

1 Princip. Lib. III. propos. 41.

2 Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode, die Bahn eines Kometen aus einigen Beobachtungen zu berechnen von W. Olbers. Weimar 1797. S. 17.

durch dafs man die Zwischenzeiten zwischen den Beobachtungen als unendlich klein betrachtet, nimmt man das kleine zwischen den Beobachtungen durchlaufene Stück der Bahn als eine gerade, mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufene Linie an. Damit lassen sich, wenn ϱ', ϱ'', ϱ''' die drei auf die Erdbahn projicirten Abstandslinien des Kometen von der Sonne in den Zeitpuncten der drei Beobachtungen sind, ϱ' und ϱ''' durch eine lineärische Gleichung aus ϱ'' finden, so dafs man $\varrho' = G\varrho''$, $\varrho''' = H\varrho''$ erhält. Hierdurch läfst sich nun auch k'', die Sehne des zwischen der ersten und dritten Beobachtung durchlaufenen Bogens allein durch ϱ'' ausdrücken. Die Vergleichung der Zeit mit dem durchlaufenen Raume verwandelt sich dann in den simpeln Ausdruck: $k'' \sqrt{r''} = m. T$, wenn r'' der Radius Vector zur Zeit der mittlern Beobachtung, T die Zwischenzeit zwischen der ersten und dritten Beobachtung ist. Hierdurch kommt man endlich auf eine Gleichung, die sich so ausdrücken läfst, das Biquadrat der durchlaufenen geraden Linie, mit dem Quadrat des mittlern Radius Vector multiplicirt, ist gleich der vierten Potenz der Zeit, multiplicirt in einen beständigen Coefficienten. Diese Gleichung ist vom sechsten Grade und die einfachste, worauf sich das Kometenproblem zurückführen läfst.

Eine ausführlichere Entwickelung der Sätze, auf welchen eine solche directe Auflösung beruht, giebt Laplace[1], und zeigt zugleich, wie man sich die als gegebene angenommenen Gröfsen aus den Beobachtungen verschaffen kann. Aber eben diese mühsame Herleitung der Data, welche der eigentlichen Auflösung des Problems zum Grunde liegen, macht die Methode des Laplace so schwierig, dafs doch auch sie für die Anwendung nicht zu empfehlen ist.

5. Bei dieser Schwierigkeit, das Problem direct aufzulösen, fand schon Newton es nöthig, eine indirecte Auflösung anzugeben[2], und die wichtigsten Bemühungen der Astronomen sind darauf gerichtet gewesen, diese indirecten

---

1 Méc. cél. Liv. II. §. 29 — 34.

2 Princ. phil. nat. Lib. III. propos. 41.

Methoden zu vervollkommnen. Unter diesen zeichnet sich die von Olbers angegebene Methode zur Berechnung einer Kometenbahn so vortheilhaft aus, daſs sie jetzt fast von allen Astronomen befolgt wird. Ehe ich die Hauptpuncte, worauf es bei dieser Methode ankömmt, kurz darstelle, will ich erstlich zwei Theoreme von Lambert mittheilen, deren eines zu einer wenigstens oberflächlichen Kenntniſs der Entfernung des Kometen von der Sonne führt, und das andere bei der Berechnung der Bahn gebraucht wird, und sodann die geometrischen Betrachtungen erwähnen, welche zeigen, daſs zwei vollkommen bestimmte Orte des Kometen im Raume hinreichen, um die parabolische Bahn kennen zu lernen; — um aber solche zwei vollkommen bestimmte Puncte der Kometenbahn zu erhalten, bedarf man drei Beobachtungen.

6. Das erste von Lambert entdeckte[1] Theorem, wofür später Laplace einen analytischen Beweis gegeben hat[2], ist folgendes: Man lege durch zwei Puncte der beobachteten scheinbaren Kometenbahn einen gröſsten Kreis, und bemerke, ob die scheinbare Bahn in den zwischenliegenden Puncten von diesem Kreise nach der Seite abweicht, wo die Sonne sich befand, als der Komet sich in diesen zwischenliegenden Puncten befand, oder ob sie nach der entgegengesetzten Seite abweicht; ist das erstere der Fall, so war um diese Zeit der Komet weiter von der Sonne entfernt, als die Erde von der Sonne entfernt ist; dagegen war er ihr näher, wenn das Entgegengesetzte statt findet. Der Beweis hierfür läſst sich in folgenden Hauptzügen darstellen. Es sey ABC der Bogen der Erdbahn, welchen die Erde durchläuft, während der Komet von M nach N gelangt, so daſs A und M, B und Q, C und N die Puncte sind, wo Erde und Komet sich bei den drei Beobachtungen befinden: so ist, wenn B und Q ungefähr in der Mitte zwischen beiden äuſsersten Puncten liegen, und der ganze Bogen der Bahn klein ist, Bb sowohl als Qq

Fig. 115.

1 Insigniores orbitae cometarum proprietates. Berolini 1761. und nachher in den Mémoires de l'Acad. de Berlin pour 1771.

2 Laplace Mécan. cél. Livre II. §. 31.

anzusehen als der Fallraum des Körpers gegen die Sonne während der Zeit, welche der Komet und die Erde gebrauchen, um von Q nach N und von B nach C zu gelangen. Da diese Zeiten gleich sind, so sind die Fallräume der Kräfte, also wenn S die Sonne ist, die Gröſsen $\frac{1}{SB^2}$ und $\frac{1}{SQ^2}$ proportional, oder $Bb : Qq = SQ^2 : SB^2$.

Es läſst sich bekanntlich leicht zeigen, daſs die scheinbare Bahn des Kometen am Himmel ein gröſster Kreis seyn würde, wenn die Erde die gerade Linie AC und der Komet in eben der Zeit die gerade Linie MN mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchliefe, (denn die relative Bewegung zweier geradlinig und gleichförmig bewegter Körper ist eine gerade Linie); nimmt man also an, die Sehnen AC und MN würden von dem mittlern Radius in Verhältniſs der Zeiten geschnitten, so daſs $Ab : bC = Mq : qN$ sey, was bei kleinen Bogen beinahe wahr ist, so würde die scheinbare Bahn des Kometen ein genauer gröſster Kreis gewesen seyn, wenn die Erde und der Komet gleichzeitig in A und M, in b und q, in C und N gewesen wären. Alsdann hätte der Komet also den gröſsten Kreis gar nicht verlassen, den wir durch zwei Puncte der beobachteten scheinbaren Bahn (nämlich durch die Puncte, die den von A aus und von C aus angestellten Beobachtungen entsprechen,) gelegt dachten. Aber da bei der zwischenliegenden Beobachtung die Erde nicht in b sondern in B, der Komet nicht in q sondern in Q war, so sieht der Beobachter in B nur dann den Kometen bei eben dem Fixsterne, welchen bq trifft, wenn BQ parallel mit bq ist; und nur in diesem Falle liegt der bei der mittleren Beobachtung gefundene Punct der scheinbaren Bahn in dem gröſsten Kreise, der durch den ersten und letzten Punct der scheinbaren Bahn gelegt worden. Bekanntlich aber ist

$Bb : Qq = SB : SQ$, wenn BQ mit bq parallel ist, und die beiden Proportionen $Bb : Qq = SQ^2 : SB^2$,

$$Bb : Qq = SB : SQ$$

können offenbar nur bestehen, wenn $SB = SQ$. Also nur dann

ist der Komet bei der zwischenliegenden Beobachtung auf jenem gröſsten Kreise selbst, wenn er ebensoweit als die Erde von der Sonne entfernt ist. Sind dagegen SB und SQ ungleich, so sind BQ, bq nicht parallel. Es sey $SQ = (1+n)$ SB, so ist nach der ersten Proportion

$$Bb : Qq = (1+n)^2 : 1$$

und in der zweiten Proportion würde

$$SB : SQ = Bb : x \quad \text{jetzt } x = Bb\,(1+n)$$

geben, also $Qq = \frac{Bb}{(1+n)^2}$ kleiner als x.

Das heiſst: Zieht man in diesem Falle, da $SQ > SB$, durch b eine Parallele zu BQ, so schneidet diese zwischen q und S, oder die Linien bq, BQ convergiren gegen den Kometen zu; der Beobachter in B sieht also den Kometen von dem gröſsten Kreise, der durch die beiden äuſsersten Puncte der scheinbaren Bahn gezogen ist, entfernt gegen die Sonne zu gerückt, wie unser Theorem angab. Wie der entgegengesetzte Fall zu betrachten wäre, erhellt nun von selbst.

7. Ein zweites von Lambert aufgestelltes Theorem ist folgendes: *Wenn r′ und r‴ die beiden Radii Vectores in zwei Puncten seiner Bahn sind, k die Sehne zwischen diesen Puncten und T die zwischen der Ankunft in diesen Puncten verflossene Zeit, so ist*

$$T = \frac{\sqrt{(r' + r''' + k)^3} - \sqrt{(r' + r''' - k)^3}}{12 \cdot m}$$

wenn der Halbmesser der Erdbahn $= 1$ gesetzt wird, und

$m = \frac{\pi}{365{,}256384} = 0{,}00860106$ ist. — Die analytischgeometrische Betrachtung der Parabel nämlich zeigt[1], daſs der zwischen jenen Radien eingeschlossene Sector $= \sqrt{\frac{q}{2}} \cdot \frac{1}{6} \left\{ \sqrt{(r' + r''' + k)^3} - \sqrt{(r' + r''' - k)^3} \right\}$ ist, wenn q = dem Viertel des Parameters oder beim Kometen gleich dem perihelischen Abstande ist. Wir müssen also nur noch zeigen, daſs

$$T = \frac{S}{m\sqrt{2q}}$$ ist, wenn S den Sector bedeutet.

1 Littrow theoret. u. pract. Astronomie. 2ter Th. S. 52.

Offenbar bedeutet hier m den von der Erde in einem Tage beschriebenen Sector, wenn man die Erdbahn als kreisförmig ansieht, und ihren Inhalt, für den Halbmesser $= 1$, $= \pi . 1^2$ setzt.

Wenn einer Kometenbahn Parameter $= 4q$ also der perihelische Abstand $= q$ ist, so würde ein in diesem Abstande von der Sonne eine Kreisbahn durchlaufender Planet den Sector $= m\sqrt{q}$ in einem Tage beschreiben, (weil $1^3 : q^3 = 365{,}256^2 :$ Umlaufz.^{2} und Sector $= \frac{\pi q^2}{\text{Umlaufzeit}}$ in jedem Tage ist) aber der Kometenbahn Krümmungshalbmesser im Scheitel ist $= 2q$, und daher muſs des Kometen Geschwindigkeit im Scheitel der Bahn sich zu der Geschwindigkeit jenes Planeten wie $\sqrt{2}$ zu 1 verhalten[1], und deshalb wird der Sector am Scheitel und folglich auch immerfort $= m\sqrt{2q}$ in jedem Tage, also $= m\,T.\sqrt{2q}$ in T. Tage, welches wir eben erweisen wollten[2].

8. Um die vollkommene Bestimmung der Bahn leichter zu übersehen, ist es gut, voraus zu bemerken, daſs man nur zwei vollkommen bestimmte Puncte der *wahren* Bahn des Kometen zu kennen nöthig hat, um diese selbst vollkommen anzugeben. Da wir nämlich wissen, daſs die Sonne im Brennpuncte der Bahn steht, und diese selbst als eine Parabel ansehen, so bedarf man, wie die höhere Geometrie zeigt, nur zwei vom Brennpuncte aus gehende und bis an die Bahn verlängerte Radien nebst dem eingeschlossenen Winkel, um die Bahn selbst zu bestimmen, so daſs dadurch die Lage der Sonnennähe und die kleinste Entfernung von der Sonne, durch Auflösung eines rein geometrischen Problemes gefunden werden. Damit aber ist man auch im Stande, die Zeit zu bestimmen, wann der Komet in der Sonnennähe war; indem der Sector zwischen jenen

---

1 Die aus der Bewegung entspringende Schwungkraft ist nämlich für d. Planeten, dessen Kreis d. Halbm. $= q$ hat, durch $\frac{(\text{Geschw. d. Plan.})^2}{q}$, für den Kometen, durch $\frac{(\text{Geschw. d. Kom.})^2}{2q}$ angegeben, und da diese gleich seyn muſs, ist: Geschw. d. Kom. $= \sqrt{2}$. Geschw. d. Plan.

2 Vergl. den Art. *Anomalie*. Nr. 8.

beiden Radien *sich zu dem Sector der zwischen einem dieser Radien und der Hauptaxe der Parabel liegt*, verhält, wie die Zwischenzeit zwischen der Ankunft des Kometen in jenen zwei Puncten, (und diese ist aus der Beobachtung bekannt) zu der Zeit, die vom Perihelio bis zur Ankunft in dem Puncte verflossen ist, dessen Radius wir bei dem letzten Sector benutzten.

9. Aber auch die Knotenlinie und Neigung der Bahn sind durch jene zwei bekannten Puncte der wahren Bahn gegeben. Die sphärische Trigonometrie nämlich lehrt, dafs man aus der Lage der Projectionen zweier von einem bekannten Puncte ausgehender Linien, und der Neigung dieser Linien gegen die Projections-Ebene, die Durchschnittslinie der durch jene zwei Linien gelegten Ebene mit der Projections-Ebene (die Knotenlinie) und die Neigung jener Ebene gegen diese finden könne. Jene Projectionen sind gegeben, wenn man die heliocentrischen Längen der beiden als gegeben angenommene Puncte kennt, und die Neigung jener Linien ist nichts anders als die heliocentrische Breite eben jener Puncte; dafs aber diese Längen und Breiten bekannt sind, wenn man die wahre Lage der Puncte kennt, erhellt von selbst.

10. Durch diese Betrachtungen haben wir also die Aufgabe darauf zurück geführt, dafs aus Beobachtungen zwei Puncte der Kometenbahn müssen bestimmt werden; — sind diese bekannt, so ist die weitere Bestimmung der Bahn auf zwei rein geometrische Probleme zurückgeführt, deren Auflösung wir dem Leser in Olbers schöner Abhandlung selbst aufzusuchen überlassen. Jene zwei Puncte sind aber völlig bestimmt, sobald man aufser den beobachteten Längen und Breiten des Kometen auch noch die beiden auf die Ebene der Ekliptik projicirte Abstände derselben von der Erde kennt, und diese zu finden, ist daher unsre Aufgabe, zu deren Auflösung drei Beobachtungen erfordert werden.

Um diese projicirten Abstände mit mehr Leichtigkeit zu finden, und zuerst nur eine ziemlich angenäherte Bestimmung zu erhalten, nimmt Olbers die nicht genau richtige Voraussetzung an, dafs die Sehne zwischen den zwei Puncten,

wo sich der Komet in der ersten und dritten Beobachtung befand, durch den Radius Vector, welcher den Ort des Kometen zur Zeit der zweiten Beobachtung trifft, in Stücke, den Zwischenzeiten der Beobachtungen proportional, getheilt werde, und dafs ebenso für die Erde die Sehne zwischen ihren beiden Orten zur Zeit der ersten und dritten Beobachtung von dem Radius, welcher den Ort der mittlern Beobachtung trifft, in Stücke, die den Zwischenzeiten der Beobachtungen proportional sind, getheilt werde.

11. Es sei nun für die erste Beobachtung ϱ' der auf die Ebene der Erdbahn projicirte Abstand des Kometen von der Erde,
r' der Radius Vector des Kometen,
R' der Radius Vector der Erde,
A' die Länge der Sonne,
α' die beobachtete Länge des Kometen,
β' die beobachtete Breite des Kometen;
und ϱ'', r'', R'', A'', α'', β''
mögen eben das für die zweite,
ϱ''', r''', R''', A''', α''', β'''
eben das für die dritte Beobachtung bedeuten, t' sey die Zeit zwischen der ersten und zweiten, t'' die Zeit zwischen der zweiten und dritten Beobachtung.

Wir wollen uns jetzt eine Ebene senkrecht gegen die Ekliptik und senkrecht auf den Radius Vector der Erde zur Zeit der mittlern Beobachtung vorstellen, und unter b', b'', b''' die Winkel Aac, Ddc, Cch verstehen, welche die auf diese Ebenen projicirten Gesichtslinien aA, Dd, cC mit der projicirten Chorde ac der Erdbahn machen, dann ist in dem körperlichen Dreieck, dessen Spitze der Punct bildet, wo die Erde sich bei der ersten Beobachtung befindet, und dessen eine Seitenlinie auf die Projectionsebene senkrecht, die zweite die nach dem Kometen gerichtete Gesichtslinie, die dritte die Projection derselben auf die Ekliptik ist, die eine Kathete $= A'' - \alpha'$, die andere Kathete $= \beta'$, und b' der der letztern gegenüber stehende Neigungswinkel, also

Fig. 116.

$$\text{Tang. } b' = \frac{\text{Tang. } \beta'}{\text{Sin.}(A'' - \alpha')},$$

und ebenso

$$\text{Tang. } b'' = \frac{\text{Tang. } \beta''}{\text{Sin. } (A'' - \alpha'')}$$

$$\text{Tang. } b''' = \frac{\text{Tang. } \beta'''}{\text{Sin. } (A'' - \alpha''')}$$

Vermöge der (wenn gleich nicht ganz strengen) Voraussetzung, daſs die Chorden der Erdbahn und Kometenbahn im Verhältniſs der Zeiten geschnitten werden, dürfen wir nun auch hier annehmen, daſs die orthographische Projection dD der zweiten Gesichtslinie die projicirten Sehnen ac, AC, in eben dem Verhältnisse schneidet. Es soll nämlich a den projicirten ersten Ort der Erde, A den ersten Ort des Kometen in der Projection, und d, D, die projicirten Orte in der zweiten, c, C, in der dritten Beobachtung vorstellen, also Aad $= b'$, Ddc $= b''$, Cca $= 180° - b'''$ seyn,

und da $MA. \text{ Sin. } (b'' - b') = AD. \text{ Sin. } D$

$aM. \text{ Sin. } (b'' - b') = ad. \text{ Sin. } b''$

$OC. \text{ Sin. } (b''' - b'') = CD. \text{ Sin. } D$

$Oc. \text{ Sin. } (b''' - b'') = cd. \text{ Sin. } b''$

aber $AD : DC = ad : dc = t' : t''$, und folglich auch

$aA. \text{ Sin. } (b'' - b') : cC. \text{ Sin. } (b''' - b'') = t' : t''$,

weil $aA. \text{ Sin. } (b'' - b') = \dfrac{t'}{t' + t''} (AC. \text{ Sin. } D + ac. \text{ Sin. } b'')$

und $cC. \text{ Sin. } (b''' - b'') = \dfrac{t''}{t' + t''} (AC. \text{ Sin. } D + ac. \text{ Sin. } b'')$.

Aber nicht bloſs ist hierdurch das Verhältniſs der auf diese neue Ebene projicirten Abstände aA, cC des Kometen von der Erde gegeben, sondern auch das Verhältniſs der auf die Ekliptik projicirten Abstände bekannt, indem, wenn man Ae senkrecht auf ac zieht

$ae = aA. \text{ Cos. } b'$, zugleich $= \varrho'. \text{ Sin. } (A'' - \alpha')$

ist, und ebenso $cC. \text{ Cos. } b''' = \varrho''' \text{ Sin. } (A'' - \alpha''')$,

also $\varrho''' = \varrho'. \dfrac{t''. \text{ Sin. } (b'' - b') \text{ Cos. } b''' \text{ Sin. } (A'' - \alpha')}{t'. \text{ Sin. } (b''' - b'') \text{ Cos. } b'. \text{ Sin. } (A'' - \alpha''')}$

wofür ich $\varrho''' = M. \varrho'$ setze, indem M nun eine gegebne Zahl ist.

12. Auch r' und r''' und die zwischen den Orten des Kometen zur Zeit der ersten und zweiten Beobachtung ge-

zogene Sehne $= k$ läſst sich nun durch ϱ' ausdrücken; denn in dem ebnen Dreieck, dessen Eckpuncte die Sonne, die Erde und der Komet sind, hat man bei der ersten Beobachtung die zwei Seiten R' und ϱ' Sec. β', nebst dem eingeschlossenen Winkel, dessen Cosinus $=$ Cos. β'. Cos. $(A' - \alpha)$ ist, also

$$r' = \sqrt{\{ R'^2 - 2 R' \varrho' . \text{Cos.} (A' - \alpha') + \varrho'^2 \text{ Sec.}^2 \beta' . \}}$$

und ebenso $r''' =$

$$\sqrt{\{ R'''^2 - 2 M R''' \varrho' . \text{Cos.} (A''' - \alpha''') + M^2 \varrho'^2 \text{ Sec.}^2 \beta''' \}}.$$

Aber auch die Sehne k läſst sich durch ϱ' und bekannte Gröſsen ausdrücken, indem

$$k^2 = \{ r'^2 + r'''^2 - 2 R' R''' \text{ Cos.} (A''' - A') \}$$
$$+ 2 \varrho' \{ R''' \text{ Cos.} (A''' - \alpha') + M R' \text{ Cos.} (A' - \alpha''') \}$$
$$- 2 \varrho'^2 \{ M \text{ Cos.} (\alpha''' - \alpha') - M. \text{ tang.} \beta' . \text{ tang.} \beta''' \}.$$

Diese Gröſsen alle könnten berechnet werden, wenn man ϱ' kennte, und es fehlt uns also nur noch *eine* Bestimmung, um zu erkennen, ob ein für ϱ' angenommener Werth der richtige sey. Diese Bestimmung erhalten wir durch Lamberts Theorem, daſs die Zwischenzeit T zwischen zwei Beobachtungen

$$T = \frac{\sqrt{(r' + r''' + k)^3} - \sqrt{(r' + r''' - k)^3}}{12 . m} \text{ ist.}$$

13. Wenn man also nun einen willkührlich angenommenen Werth für ϱ' setzt, daraus r', r''' und k berechnet und sieht, welcher Werth sich für T ergiebt, so erhellet sogleich, ob der angenommene Werth für ϱ' der Wahrheit nahe komme. Einige wenige als Versuch angenommene Werthe für ϱ' reichen zu, um dann durch Interpolation den richtigen Werth, und damit auch die richtigen Werthe für r' und r''' und k zu finden, wodurch dann bekanntlich auch der zwischen r' und r''' eingeschlossene Winkel gefunden ist.

14. Die hieraus hervorgehenden Werthe sind nun freilich wegen der zum Grunde gelegten Voraussetzung, die nicht ganz strenge richtig ist, nicht vollkommen genau; aber es ist nun leicht, da man das Gefundene als der Wahrheit nahe kommend ansehen kann, die kleinen noch beizufügenden Verbesserungen zu finden[1].

1 Wie es Olbers im 4ten Abschn. seiner Abh. zeigt.

Diese Methode bleibt noch anwendbar, wenn die Beobachtungen auch 14 bis 16 Tage von einander entfernt sind, und nur in seltnen Fällen kann es sich ereignen, dafs durch eine ungünstige Stellung des Kometen Schwierigkeiten eintreten, welche durch eine umständlichere Rechnung müssen beseitiget werden[1].

15. Wie man die gefundene parabolische Bahn, da wo eine hinreichende Abweichung von der Parabel merklich wird, verbessern und die elliptischen Elemente (vorausgesetzt, dafs die Ellipse sehr excentrisch sey) finden könne, zeigt kurz Olbers in seiner Abh. S. 74; genauer aber Bessel in von Zachs Monatl. Corresp. XII. 197. und Olbers im Astron. Jahrbuch 1820. S. 220[2].

16. Das Bedürfnifs, auch für solche Himmelskörper, die eine wenig excentrische Bahn durchlaufen, Bestimmungen aus einer geringen Zahl von Beobachtungen zu erhalten, ist erst in neuern Zeiten eingetreten. Bei der Entdeckung des Uranus war die Schwierigkeit minder grofs, da man bei seiner langsamen Bewegung die Bahn als einen Kreis betrachten konnte, ohne dadurch sich erheblich von den, nur einen kurzen Zeitraum umfassenden Beobachtungen

---

1 Den Grund dieser Schwierigkeit zeigt Olbers, im Berliner Astronomischen Jahrb. 1809. S. 193.

2 Andere Methoden findet man bei Olbers angeführt und beurtheilt; seit der Erscheinung jener Abhandlung hat Laplace in seiner Mécan. cél. seine Methode umständlich auseinander gesetzt, Legendre hat eine Methode angegeben, die minder anwendbar als die Olberssche ist (Legendre nouv. méth. pour la détermination des orbites des Comètes. 1806. Ivory hat in der Philos. Transact. for 1814 eine Methode gelehrt, die von der Olbersschen im Wesentlichen nicht verschieden ist (vergl. Astron. Zeitschr. von v. Lindenau und v. Bohnenberger I. 46).

Beispiele vollständiger Untersuchungen über Kometenbahnen geben: Bessel Unters. über d. scheinb. u. wahre Bahn des Kometen von 1807. (Königsberg 1810.) Bessel über den Olbersschen Kometen (in den Schriften der Berliner Akademie der Wissenschaften für 1812. 1813. S. 119.) Enke über den Kometen von 1680. (Astron. Zeitschr. von v. Lindenau und v. Bohnenberger. 5. Band.) Argelander Untersuchungen über die Bahn des grofsen Kometen von 1811. (Königsb. 1822). Mehrere in der Monatl. Correspond. von von Zach und im Berliner Jahrbuch vorkommende übergehe ich.

zu entfernen; aber die Entdeckung und Wiederaufsuchung der Ceres forderte eine Methode, welche die wahre elliptische Bahn sogleich richtig angäbe, und sie lenkte daher zuerst Gauss auf diesen Gegenstand, den er nachher in seinem berühmten Werke, Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium, auctore C. F. Gaufs. (Hamburgi 1809), so vollkommen genügend abgehandelt hat.

Obgleich die Beschränktheit des Raumes hier nicht erlaubt, von dieser Methode einen vollkommenen Begriff zu geben, so will ich doch versuchen, indem ich den Inhalt des Abschnittes (Liber secundus Sect. I.) worin Gauss sie abhandelt, mittheile, einige Nachweisungen über das, worauf es dem Wesentlichen nach ankömmt, zu geben.

17. Dafs auch hier drei vollkommene geocentrische Beobachtungen zur Bestimmung der Bahn hinreichen, ist klar; denn zu den oben (Nr. 3.) angeführten fünf Elementen kömmt nur noch als sechstes die halbe grofse Axe der Bahn, und zu Bestimmung dieser sechs Elemente würden die aus der Beobachtung gegebenen drei Längen und drei Breiten sechs Gleichungen geben. Wäre die Masse des Planeten so grofs, dafs man sie in Vergleichung gegen die Sonnenmasse nicht als unbedeutend ansehen könnte, so wäre noch eine siebente Gleichung erforderlich, weil diese Masse dann in den (Nr. 7. angeführten) Formeln vorkäme. Aber diesen Fall brauchen wir nicht zu berücksichtigen.

18. Der ganze Gang der weiteren Bestimmung ist nun im Wesentlichen folgender. Da für die drei Beobachtungszeiten die heliocentrischen Orte der Erde und die geocentrischen des Planeten bekannt sind, so denke man sich diese an der Himmelskugel aufgetragen, so dafs A, A′, A″ die Orte der Erde, B, B′, B″ die zugehörigen Orte des Planeten sind. Da wir die Lage dieser Puncte vollkommen kennen, so erhellt sogleich, dafs die Bogen AB, A′B′, A″B″ und ihre Neigungswinkel gegen die Ekliptik A, A′, A″, bekannt sind. Verlängert man nun die Bogen A″B″, A′B′ bis sie sich in D, die Bogen A″B″, AD bis sie sich in D′, die Bogen A′B′, A′D′, AB bis sie

Fig. 117.

sich in D'' schneiden, so sind in jedem der so entstandenen Dreiecke die beiden Winkel an der Grundlinie und die Grundlinie selbst bekannt; man lernt also auch die Winkel D, D', D'' und die Seiten $A''D$, $A'D$, $A''D'$, AD', $A'D''$, AD'' kennen.

Legt man ferner durch die geocentrischen Orte B, B'' zur Zeit der ersten und letzten Beobachtung einen gröfsten Kreis, so ist auch dieses Kreises Lage vollkommen bekannt, und sein Durchschnittspunct B^* mit dem gleichfalls gegebenen Kreise $A'B'$ ist also vollkommen bestimmt, so dafs $A'B^*$ oder $B'B^*$ berechnet werden kann.

Obgleich wir die heliocentrischen Oerter C, C', C'' zur Zeit der drei Beobachtungen nicht kennen, so erhellt doch, dafs C sich auf dem Bogen AB, dafs C' sich auf dem Bogen $A'B'$, und dafs C'' sich auf dem Bogen $A''B''$ befindet, und ferner, dafs C, C', C'' auf einem gröfsten Kreise liegen. Das letztere beruht bekanntlich auf der Ueberzeugung, dafs die Ebene der Planetenbahn durch die Sonne geht, und er folglich heliocentrisch einen gröfsten Kreis durchläuft; das erstere erhellt daraus, weil wenn S die Sonne, a die Erde, b der Planet ist, die Linien ab, womit SB parallel ist, Sa, und Sb in der durch Sonne, Erde und den Planeten gelegten Ebene liegen. Hier läfst sich nun zeigen, dafs man die Abstände des Planeten von der Sonne und von der Erde durch AC, $A'C'$, $A''C''$ ausdrücken kann, dafs man die Werthe von AC und $A''C''$ auf $A'C'$ zurückführen kann, und daher $A'C'$ oder $B'C'$ bestimmt werden müsse, um daran alles Weitere zu knüpfen. Fig. 118. Fig. 117.

19. Da die letztern Behauptungen nicht so ganz leicht zu übersehen sind, so will ich sie kurz zu beweisen suchen. Wenn zur Zeit der ersten Beobachtung r des Planeten Abstand von der Sonne, ϱ sein Abstand von der Erde, R der Erde Abstand von der Sonne ist, so erhellet aus der Figur, wo S die Sonne, a die Erde, b den Planeten vorstellt, Fig. 118.

$$\text{dafs } \frac{R \text{ Sin. } aSb}{\text{Sin. } bSB} = \varrho$$

$$\text{und } \frac{R. \text{ Sin. } baA}{\text{Sin. } BSb} = r$$

ist; aber hier ist aSb der heliocentrische Abstand des Planeten von der Erde, baA der geocentrische Abstand des Planeten von dem der Sonne gegenüberstehenden Puncte; also in Beziehung auf die Figur auch

Fig. 117.

$$\varrho = \frac{R.\ Sin.\ CA}{Sin.\ CB};\ r = \frac{R.\ Sin.\ BA}{Sin.\ CB}.$$

Ebenso würden für die zweite und dritte Beobachtung die Abstände des Planeten von Sonne und Erde bekannt seyn, wenn $A'C'$, und $A''C''$ gefunden wären.

Es sey nun N der Punct, in welchem der gegebene gröfste Kreis $B''B^*B$ und der gesuchte $C''C'C$ sich schneiden. Es sey ferner $C'C'' = 2f$, $CC'' = 2f'$, $CC' = 2f''$,

$$\text{so ist } Sin.\ 2f.\ Sin.\ NC + Sin.\ 2f''.\ Sin.\ NC'' = Sin.\ 2f'.\ Sin.\ NC'$$

wie sogleich erhellt, wenn man $2f = NC'' - NC'$, $2f' = NC'' - NC$ setzt, und dann die Formeln entwickelt. Setzt man nun ferner die Gröfse der von C, C', C'' auf den Kreis BB^*B'' senkrecht gesetzten Bogen $= E, E', E''$,

$$\text{so ist } Sin.\ E = Sin.\ CN\ Sin.\ N,$$
$$Sin.\ E' = Sin.\ C'N\ Sin.\ N,$$
$$Sin.\ E'' = Sin.\ C''N\ Sin.\ N,$$

also $Sin.\ 2f\ Sin.\ E + Sin.\ 2f''\ Sin.\ E'' = Sin.\ 2f'\ Sin.\ E'$. Denkt man sich die Sehne zwischen den zwei ersten Orten des Planeten gezogen, so schliefst diese ein Dreieck, dessen Inhalt $= \frac{1}{2} rr'\ Sin.\ 2f''$ ist, und wenn dieser $= \frac{n''}{2}$ heifst, und ebenso $\frac{1}{2} rr''\ Sin.\ 2f' = \frac{n'}{2}$, $\frac{1}{2} r'r''\ Sin.\ 2f = \frac{n}{2}$, so giebt die letzte Gleichung mit $rr'r''$ multiplicirt auch

$$nr\ Sin.\ E - n'r'\ Sin.\ E' + n''r''\ Sin.\ E'' = 0;\ [\odot].$$

Wir nennen ferner die von D, D', D'' auf BB'' gefällten Perpendikel $-\vartheta$, $-\vartheta'$, $-\vartheta''$, so ist $-$ Sin. E

$$= \frac{Sin.\ \vartheta'.\ Sin.\ CB}{Sin.\ BD'} = \frac{Sin.\ \vartheta''.\ Sin.\ CB}{Sin.\ BD''}$$

und ebenso

$$-Sin.\ E' = \frac{Sin.\ \vartheta.\ Sin.\ C'B^*}{Sin.\ B^*D} = \frac{Sin.\ \vartheta''\ Sin.\ C'B^*}{Sin.\ B^*D''}.$$

$$-\text{Sin. } E'' = \frac{\text{Sin. } \vartheta. \text{ Sin. } C''B''}{\text{Sin. } B''D} = \frac{\text{Sin. } \vartheta'. \text{ Sin. } C''B''}{\text{Sin. } B''D'},$$

folglich $\frac{\text{Sin. } E}{\text{Sin. } E''} = \frac{\text{Sin. } CB. \text{ Sin. } B''D'}{\text{Sin. } BD'. \text{ Sin. } C''B''}$,

und aus der mit [⊙] bezeichneten Gleichung wird:

$$\frac{nr}{r''} \cdot \frac{\text{Sin. } CB. \text{ Sin. } B''D'}{\text{Sin. } BD'. \text{ Sin. } C''B''} - \frac{n'r'}{r''} \frac{\text{Sin. } C'B^*. \text{ Sin. } B''D}{\text{Sin. } B^*D. \text{ Sin. } B''C''} + n'' = 0$$

oder weil $r. \text{ Sin. } BC = R. \text{ Sin. } AB$

$r' \text{ Sin. } B'C' = R'. \text{ Sin. } A'B'$

$r'' \text{ Sin. } B''C'' = R'' \text{ Sin. } A''B''$

$$\frac{nR}{R''} \cdot \frac{\text{Sin. } AB}{\text{Sin. } A''B''} \frac{\text{Sin. } B''D'}{\text{Sin. } BD'} - \frac{n'R'}{R''} \frac{\text{Sin. } A'B'}{\text{Sin. } A''B''} \frac{\text{Sin. } C'B^* \text{ Sin. } B''D}{\text{Sin. } B'C' \text{ Sin. } B^*D} + n'' = 0. \quad [☾]$$

Aufser den Gröfsen n, n', n'' kommen hier nur die unbekannten Gröfsen

$\text{Sin. } B'C'$ und $\text{Sin. } B^*C' = \text{Sin. } (B'C' - B^*B')$

oder da $B'B^*$ bekannt ist, nur $B'C' = z$ als unbekannte Gröfse vor, und *sofern* ist das am Ende des vorigen §. versprochene geleistet.

20. Aber freilich sind n, n', n'' noch keine bekannte Grössen. Es sind die Flächenräume der drei Dreiecke, welche wir als die vom Radius Vector beschriebenen Sectoren ansehen könnten, wenn der Planet zwischen je zweien Beobachtungen nicht den Bogen, sondern die Sehne durchlaufen hätte; und diese lassen sich nur durch eine nicht ganz strenge, aber der Wahrheit nahe kommende Voraussetzung wegschaffen. Hier könnte es nun scheinen, als ob diese geradlinigt begrenzten Sectoren als beinahe den Zwischenzeiten proportional dürften angesehen werden, aber Gauss zeigt (§. 131), dafs die an sich freilich kleinen Fehler, die man darin begeht, dennoch von einer solchen Ordnung sind, dafs sie die ganze Bestimmung aufheben. Dagegen ergiebt sich, dafs man nur solche Fehler, welche einer *angenäherten* Bestimmung nicht im Wege stehen, begeht, wenn man (die Zwischenzeit zwischen der ersten und zweiten Beobachtung $= \vartheta''$, zwischen der

ersten und dritten $= \vartheta'$, zwischen der zweiten und dritten $= \vartheta$ gesetzt, wo also $\vartheta' = \vartheta + \vartheta''$ ist) $\frac{n''}{n} = \frac{\vartheta''}{\vartheta}$ und $\left(\frac{n+n''}{n'} - 1\right) 2\, r'^3 = \vartheta\,\vartheta''$ setzt[1]. Drücke ich also die mit [☾] bezeichnete Gleichung so aus

$$an - b\,n'. \frac{\text{Sin.}\,(z - B^* B')}{\text{Sin.}\,z} + n'' = 0$$

und setze $\frac{n''}{n} = P$, so ist

$$(n + n'')\left(\frac{P+a}{P+1}\right) = \frac{b\,n'.\,\text{Sin.}\,(z - B^* B')}{\text{Sin.}\,z};$$

und wenn man $Q = 2\, r'^3 \left(\frac{n+n''}{n'} - 1\right)$

oder nach dem vorigen

$$Q = \frac{2 . R'^3.\ \text{Sin.}^3\, B'A'}{\text{Sin.}^3\, z}\left(\frac{n+n''}{n'} - 1\right)$$ setzt,

so ist

$$\text{Sin.}\,z + Q\,\frac{\text{Sin.}^4\, z}{2\, R'^3\ \text{Sin.}^3\, B'A'} = b\left(\frac{P+1}{P+a}\right)\text{Sin.}\,(z - B^* B').$$

Und dieses ist die Gleichung, die vermittelst der angenäherten Werthe $P = \frac{\vartheta''}{\vartheta}$, $Q = \vartheta\,\vartheta''$ dient um z, also um den heliocentrischen Ort des Planeten zur Zeit der mittlern Beobachtung, daraus aber auch die heliocentrischen Orte zur Zeit der beiden übrigen Beobachtungen zu bestimmen. Dies mag hinreichen, um eine Andeutung zu geben, was Gauss[2] zur Auflösung des schweren Problems für einen Weg genommen hat, nachdem er er sich diesen durch Untersuchungen gebahnt hatte, in welchen sich der seltene Scharfsinn, die glückliche und klare Entwikkelungsgabe, — kurz alles das im reichsten Maſse zeigt,

---

1 Den Beweis hierfür, der ein Hauptfundament der ganzen Methode ist, giebt Gauss §. 133. 134; aber der dortige Beweis ruht schon auf Gründen, die in den frühern Abschnitten abgehandelt sind, und sich daher hier nicht so kurz darstellen lassen.

2 Vorzüglich §. 136 bis 141.

was den Namen GAUSS den unsterblichen Namen des NEWTON und LAPLACE an die Seite gesetzt hat. *B.*

Ballistik.

Geschützkunst; *Theoria ballistica; motus proiectorum seu projectilium;* Balistique; Mouvement des projectiles; (*Ballistics?*)[1] *Gunnery;* bezeichnet die Theorie und Praxis geworfener, geschleuderter, insbesondere durch die Kraft des Schiefspulvers, der comprimirten Luft oder sonstiger elastischer Flüssigkeiten geschossener Körper, mithin gehört die Untersuchung des Wurfes, der Wurfbewegung, der Weite des Wurfes, der Artilleriewissenschaft und Bombardierkunst mit dazu. Es liefse sich auch das Werfen der Racketen und Brandracketen mit darunter begreifen; allein da dieser Gegenstand auf ganz andern Grundsätzen beruhet, so ist derselbe hier nicht berücksichtigt[2]. Einen so weitläuftigen, so oft und vielfach abgehandelten Gegenstand hier vollständig zu erörtern, würde aufser den bestimmten Grenzen liegen, und es wird daher genügen, eine Uebersicht der Hauptsachen mitzutheilen. Dabei sind insbesondere zwei Gegenstände zu berücksichtigen, nämlich zuerst die Kraft, welche den geworfenen Körpern ihre Bewegung mittheilt, und die Geschwindigkeit dieser anfänglichen Bewegung; und dann zweitens die Bahn, welche dieselben vermöge dieser erhaltenen Geschwindigkeit und der sie stets afficirenden Schwere ohne und mit Rücksicht auf den Widerstand der Luft beschreiben müssen. Der Untersuchung dieser Gegenstände selbst möge folgende kurze geschichtliche Uebersicht vorausgehen.

Spuren der Versuche, durch fortgeschnellte Körper dem Feinde zu schaden, finden sich im höchsten Alterthum, namentlich in den *Schleudern.* Speere mit der blofsen Hand geworfen, und Steine mit der Schleuder erhielten bei der grofsen Körperstärke, verbunden mit unglaublicher Fertig-

---

1 Hutton Dict. I. 204 gebraucht dieses Wort für die Geschützkunst. Sonst bezeichnet es die geworfenen Körper selbst und wird überhaupt selten gebraucht.

2 S. *Brandracketen.*

keit eine ausnehmende Geschwindigkeit, welches um so leichter daraus zu erklären ist, daſs die bewegende Kraft länger anhielt, und die Bewegung von der geringsten bis zur stärkeren steigen machte, wobei die zu überwindende Trägheit geringer war, und einen nicht so groſsen Theil der Kraft erschöpfte. Es kann von dieser Art der Wurfbewegung hier aber nur beiläufig die Rede seyn, indem vielmehr bloſs die gröſseren Wurfwaffen und die künstlichern ballistischen Hülfsmittel in Betrachtung kommen. Solche gröſsere Wurfmaschinen wurden schon 800 J. v. Ch. zur Vertheidigung von Jerusalem gebraucht, und später bei den Griechen und Römern beibehalten. Sie schleuderten theils Pfeile, theils groſse Steine und sonstige Lasten vermittelst der Hebel, welche durch elastische Seile und Balken gespannt waren. Dahin gehören vorzüglich die Ballisten und Katapulten, nebst im Kleinen die gröſseren und kleineren Armbrüste und Bogen, deren Gebrauch in Europa bis ins 13te Jahrh. allgemein war, partiell aber noch später herabgeht und zur Belustigung noch jetzt beibehalten wird. Alle diese schwerfälligen Wurfwaffen wurden durch die Verbesserung des Schieſspulvers und der hierfür bestimmten Waffen allmählig verdrängt.

Die ersten Artillerie-Stücke waren ungeheuer groſs und schwerfällig. Mahomed der zweite schoſs 1453 bei der Belagerung von Konstantinopel Steine aus Kanonen, deren Caliber 1200 Pfd. betrug, und welche nur viermal in einem Tage abgeschossen werden konnten. Am Ende des 15. Jahrh. fing man aber an, die Kanonen aus Messing von gröſserer Metalldicke zu gieſsen, und eiserne Kugeln mit besserem Pulver zu schieſsen. Seit 200 Jahren sind indeſs die Kanonen wenig verbessert, ausgenommen, daſs man sie kürzer gemacht hat, ohne am Effecte zu verlieren. Die jetzigen Belagerungs-Kanonen sind daher solche, als die man ehemals Halb-Kanonen nannte, die 24 Pfünder, welche völlig hinreichen.

Indeſs wurde die Artillerie bloſs empirisch behandelt. Der erste, welcher wissenschaftliche Untersuchungen darüber anstellte, war der Italiener Tartaglia, welcher herausbrachte, daſs kein Theil der Kugelbahn eine gerade Linie

sey, und ein Elevationswinkel von 45° die gröfste Weite gäbe[1]. Die Grundsätze, worauf er dieses 1537 bei noch nicht entdeckten Fallgesetzen bauete, waren zwar in vieler Hinsicht mangelhaft und falsch, indefs behauptete ein anderer Artillerist, ein Elevationswinkel von 30° gäbe eine gröfsere Wurfweite, und als ein mit einer 20pfünd. Schlange angestellter Versuch dieses nicht bestätigte, so führte Tartaglia seine Ansichten weiter aus[2]. Die Sache wurde fortwährend viel untersucht, auch wurden Elevationstabellen entworfen, aber ohne eine eigentliche feste Basis, bis Galileo Galilei[3] das Fallgesetz hierauf anwandte, und zeigte, die Bahn der Kugeln müsse eine Parabel seyn. Mersenne und vorzüglich Torricelli[4] setzten diese Untersuchungen weiter fort, indefs hauptsächlich um den Punct zu bestimmen, welchen eine lothrecht und eine horizontal geschossene Kugel erreichen würde, welches indefs für den praktischen Gebrauch minder fruchtbar war. Bei weitem mehr bezweckte und erreichte Letzteres der Jesuit des Chales durch Angabe der Richtung des Geschützes, welche erforderlich sey, um einen höheren oder niedrigern Punct zu treffen[5]. Auffallend ist es dabei, dafs man so lange nach Tartaglia nicht wieder die Sache durch Versuche prüfte. Dieses geschah zuerst wieder durch Collado[6], welcher den *Artillerie - Quadranten* auf einen 3pf. Falconet setzte, hiermit die Elevationen mafs, und folgende Weiten in Schritten erhielt

Elevat. Winkel	Weite. Schritte	Elevat. Winkel	Weite. Schritte
0°,0	268	45,0	1053
7,5	594	52,5	900
15,0	794	60,6	700
22,5	954	67,5	400
30,0	1010	75,0	150
37,5	1040	82,0	12

1 Della nova Scienzia. Venet. 1537.

2 Nicolo Tartaglia Quesiti ed Invenzioni. Venet. 1546. Lib. I. Ques. 1. englisch von Cyprian Lucar, Colloquies concerning the art of Shooting. Lond. 1588.

3 Discorsi è Dimonstrazione matematiche cet. Leiden 1638.

4 De Motu gravium et naturaliter proiectorum. Florent. 1641.

5 Mundus mathem. T. II. stat. lib. II. prop. XXX. Pyrotechnia.

6 Prattica manuale dell' artigleria cet. Milano 16[illegible] 4.

Genauer waren die durch Bourne, wahrscheinlich mit einem kleinen Geschütze angestellten Versuche, wobei die Elevationen nicht nach Puncten des Artillerie-Quadranten (= 7°,5) sondern nach Graden gemessen wurden. Er nahm den sogenannten Kernschufs (Visirschufs) als Einheit an, und erhielt dann die den folgenden Elevationswinkeln zugehörigen Kernschufsweiten

Elev.		Weiten	Elev.		Weiten
0	—	1	15	—	$4\frac{1}{3}$
5	—	$2\frac{2}{9}$	20	—	$4\frac{5}{6}$
10	—	$3\frac{1}{3}$	42	—	5,5

Die letzte Elevation gab nur im Mittel die gröfste Weite bei ruhiger Luft; dagegen wechselte beim Winde der Winkel, welcher die gröfste Weite gab, zwischen 36° und 45°[1]. Schon 1611 stellte Eldred, Büchsenmeister in Dover-Castle, Versuche an, setzte sie später fort, und beschrieb sie 1646[2]. Sie wurden mit Stücken von verschiedenem Caliber sehr sorgfältig angestellt, liegen aber alle innerhalb der Elevationswinkel bis 10°. Galilei hatte zwar in seinen *Discorsi* schon darauf aufmerksam gemacht, dafs die Bahn der Kugel nur insofern eine Parabel seyn könne, als der Widerstand der Luft dieselbe nicht modificire. Man übersah aber diese Andeutung ganz, und wandte die parabolische Theorie vollständig auf die Ballistik an, in der Voraussetzung, dafs die Luft als ein so dünnes Medium auf so dichte und schwere Körper, als eiserne Kugeln sind, keinen Einflufs haben könne. Nach diesem Vorurtheile sind selbst die Versuche modificirt, welche Robert Anderson anstellte und nebst der Theorie bekannt machte[3], auch bemühet sich Blondel[4] die parabolische Theorie gegen die Einwürfe zu vertheidigen, welche man aus dem Widerstande der Luft hernahm. Hierin folgte ihm aufser andern auch Halley[5]. Anderson konnte indefs die Resultate seiner Versuche bei geringen und grofsen

1 Art of Shooting in great Ordnaunce. 1643.

2 The Gunners Glass. 1646.

3 Genuine Use and Effects of the Gunne. 1674. To hit a Mark. 1690.

4 L'Art [illegible] etter les bombes Par. 1683.

5 P[illegible]. 216. p. 68.

Anfangsgeschwindigkeiten nicht mit der Theorie in Uebereinstimmung bringen, und nahm daher zu einer seltsamen Hypothese seine Zuflucht, indem er die Bahn einer jeden Kugel aus einer geraden Linie, der Linie des Feuerimpulses, und aus einer Parabel bestehen liefs, und indem die erstere bei allen Elevationswinkeln gleich seyn sollte, so vermochte er hierdurch die Abweichungen der Versuche von der Theorie auszugleichen. Indefs blieb Blondels Werk fortwährend in Ansehen.

Nebenbei wurde das Gesetz des *Widerstandes* der Luft von vielen untersucht[1], auf verschiedenene Weise angegeben, und meistens eine Anwendung davon auf die Bahn der Kugeln gemacht, wobei die meisten der *Newtonschen*[2] *Hypothese* folgten, dafs dieser Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional sey. Schon hatte Huygens[3] gezeigt, dafs die Bahn der Kugeln im lufterfüllten Raume sehr von einer Parabel abweichen müsse, als der Gegenstand aufs Neue sehr in Anregung kam durch einen, bis dahin unbekannten verdienstvollen Artillerie-Offizier Resson[4], welcher zeigte, dafs die Theorie der Ballistik wohl recht gut seyn möge, aber in der Praxis keine Anwendung leide, indem er namentlich nach Blondels Vorschriften die Geschützstücke mit gröfster Sorgfalt gerichtet habe, ohne indefs die Bahnen der Kugeln so zu finden, wie sie hiernach seyn müfsten. Indefs blieb diese Theorie, als theoretisch wohl begründet, noch fortwährend in Ansehn[5], und es wurden Tabellen danach berechnet, z. B. von Belidor[6], Gray[7] und Herberstein[8], welche praktisch wenig Nutzen stifteten. Während indefs die Theoretiker von dem Einflusse der widerstehenden Luft überzeugt waren, kam es nun darauf an, diejenige Curve zu finden, welche eine Kugel mit Rücksicht

1 S. *Widerstand der Mittel.*
2 Princ. Lib. II. prop. 40.
3 Discours de la cause de la Pesanteur. Leide 1690.
4 Mém. de l'Ac. 1716.
5 Maupertuis in Mém. de l'Ac. 1731.
6 Le Bombardier françois. Par. 1740. 4.
7 Treatise of Gunnery. Lond. 1731.
8 Amari a Lapide artis technicae via plana et facilis. Stettin 1756.

hierauf beschreiben *muſs*. Nach einigen vorläufigen Aeuſserungen Joh. Bernoulli's über dieses schwierige Problem forderte Keil 1718 diesen auf, dasselbe zu lösen, welches er that, zugleich aber die gefundene Auflösung erst dann bekannt machen wollte, wenn jener die seinige dem Publicum mitgetheilt haben würde, und als Keil keine Auflösung finden konnte, machte Joh. Bernoulli 1719 seine eigene und eine andere von seinem Neffen Nic. Bernoulli bekannt[1]. Seitdem haben sich die gröſsten Geometer an diesem höchst schwierigen Probleme, die ballistische Curve aufzufinden, versucht, ohne daſs man sagen kann, daſs es der Analysis gelungen sey, dasselbe vollständig zu lösen. Bei den meisten Versuchen dieser Art, mit Ausnahme des früheren von D. Bernoulli[2] sind zugleich die sehr gehaltvollen Versuche berücksichtigt, welche Robins mit eben so viel Aufwand als Genauigkeit anstellte[3], und an deren Fortsetzung er zuerst durch überhäufte Geschäfte und nachher durch seinen frühzeitigen Tod gehindert wurde. Nach ihm verdankt man eine Reihe höchst schätzbarer Versuche von 1775 und eine spätere den Bemühungen des berühmten Hutton's. Sowohl jene als auch diese, nebst verschiedenen in Frankreich, Italien und Deutschland angestellten Versuchen der späteren theoretischen Untersuchungen sind bei der folgenden Darstellung berücksichtigt.

A. Anfangsgeschwindigkeit der geworfenen Körper.

Nach der Natur der Sache ist es unmöglich, die Bahn eines geworfenen Körpers zu bestimmen, wenn man nicht die Geschwindigkeit kennt, womit er sich in einer gegebenen Zeit in der ihm mitgetheilten Richtung bewegt, weil der Raum, welchen er während der Zeit seiner Bewegung vermöge des Fallgesetzes durchläuft, bekanntlich dem Quadrate der Zeit proportional ist. Der Verfolg der Untersuchung wird zeigen, daſs bei einer Bewegung im widerstandleisten-

---

1 Joh. Bernoulli Opp. II. 393. 402. 513.

2 Com. Pet. II. 338.

3 B. Robins New Principles of Gunnery 1742. Neue Grundsätze der Artillerie mit Anm. v. L. Euler Berl. 1745. 8.

den Mittel, worüber allein für die Praxis nützliche Betrachtungen angestellt werden können, die Geschwindigkeit sogleich mehr oder minder abzunehmen beginnt, wenn die Bewegung anfängt, und man kann daher in dieser Hinsicht nur von der eigentlichen Anfangsgeschwindigkeit reden. Diese läfst sich theoretisch finden, wenn man den Grad der Compression der fortschleudernden elastischen Flüssigkeit kennt, und indem diese bei comprimirter Luft genauer bestimmbar ist, so läfst sich auch die Anfangsgeschwindigkeit der hierdurch geschossenen Kugeln sicherer finden[1]. In Beziehung auf das Schiefspulver aber sind die Angaben über die Elasticität der aus demselben beim Entzünden entwickelten expansibelen Flüssigkeiten so verschieden[2] und so sehr von Nebenbedingungen abhängig, dafs bei mangelnden genauen Bestimmungen kein sicheres Resultat erhalten werden kann. Um daher nur eine hierüber vorhandene Angabe zu benutzen, welche zwischen den übrigen ohngefähr in der Mitte liegt, mag hier erwähnt werden, dafs Daniel Bernoulli[3] die Kraft des entzündeten Schiefspulvers zu 10000 Atmosphären annimmt, und hiernach die Anfangsgeschwindigkeit zu 6004 F. berechnet, eine Gröfse, welche in der Praxis nie erhalten wird. Robins dagegen setzt die Expansion des Pulvers nur auf 1000 Atmosphären, und erhält weit besser mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate. Als Vorbereitung auf die nachfolgenden theoretischen Untersuchungen über diese Aufgabe mögen hier vorläufig folgende Betrachtungen vorausgehen.

Die fortzuschleudernden Kugeln befinden sich in einem cylinderförmigen Raume, dem Laufe des Geschützes, und haben hinter sich die Quantität Schiefspulver, durch welche sie vermittelst der aus letzterem entbundenen expansibelen Flüssigkeiten von starker Compression fortgeschleudert werden sollen. Um die Bahn der Kugeln zu bestimmen, mufs

1 S. *Pneumatik; Windbüchse.*

2 S. *Schiefspulver*, und dort die Betrachtungen, woraus erklärlich wird, warum die anfangs sicher unglaublich hohe Spannung des Pulverdampfes in ihrer Wirkung sich nur so geringe zeigt.

3 Hydrodynamica sive de viribus et motibus fluidorum commentarii. Argent. 1738. p. 232. 238.

der Lauf eine gewisse Länge *haben*, welche noch näher durch die Menge der aus dem Pulver entwickelten elastischen Flüssigkeiten, und die Weite, bis auf welche sie bei ihrer Freiwerdung einen gewissen Grad der Spannung beibehalten, bestimmt wird; denn es darf offenbar der Fall nicht eintreten, dafs die letztere sich bedeutend vermindert, ehe die Kugel den Lauf verläfst, weil diese sonst durch die Reibung an den Wänden des Laufes viel von ihrer erhaltenen Geschwindigkeit verlieren müfste. Indem aber die zur Bestimmung der Richtung erforderliche Länge des Laufes nicht beträchtlich, die Menge der aus dem Schiefspulver entwickelten elastischen Flüssigkeiten, und somit auch die Weite, bis auf welche sie einen gewissen Grad der Spannung im Laufe behalten, der Menge des entzündeten Schiefspulvers direct proportional ist; so läfst sich denken, dafs die Anfangsgeschwindigkeit einer Kugel durch Vermehrung der Pulvermenge ohne Grenzen vermehrt werden könnte. Wird nämlich das hinter der Kugel einen Cylinder von unbestimmter Dicke bildende Schiefspulver entzündet, so wird zwar im ersten Momente der Druck gegen die Kugel bei der gröfsten wie bei der kleinsten Höhe dieses Cylinders gleich seyn, indem die aus dem Schiefspulver entbundenen elastischen Flüssigkeiten den Raum, welchen das letztere einnimmt, allezeit um das $n$fache übertreffen (wenn n den Factor der Elasticität dieser Flüssigkeiten ausdrückt, den der atmosphärischen Luft $= 1$ gesetzt); allein sie werden bei ihrer Ausbreitung im Laufe nur einen gewissen Grad der Elasticität beibehalten, welcher der Länge des Laufes, dividirt durch die Höhe des Cylinders des Schiefspulvers umgekehrt proportional ist. Die hieraus folgende Regel, dafs man zur Erhaltung einer gröfseren Anfangsgeschwindigkeit der Kugel (bei ihrem Austritte aus der Mündung) die Menge des Schiefspulvers vermehren müsse, wird durch mannigfaltige anderweitige Bedingungen so modificirt, dafs es ein Maximum der Pulvermenge giebt, über welches hinaus seine Wirkung wieder abnimmt. Aber auch diese Bestimmung des Maximums der Pulvermenge aus theoretischen Gründen ist unmöglich, weil die Güte desselben so verschieden ist und aufserdem bei gleicher Qualität desselben noch viele Nebenumstände einen

bedeutenden Einfluſs auf seine Wirksamkeit haben. Vor allen Dingen ist die Entzündung desselben nicht momentan, sondern erfordert eine meſsbare Zeit. Nach d'Arcy's Versuchen[1] verbrannte eine Lage Pulver 8 Lin. breit, 4 Lin. hoch, 576 F. lang in 75,5 Secunden, und allgemein fand er die zum Verbrennen erforderliche Zeit der Länge directe und der Dicke der Lage umgekehrt proportional[2]. Indem aber die Wirkung des entzündeten Theiles des Schieſspulvers sogleich im Momente der Entzündung desselben eintritt, so ist es begreiflich, daſs oft eine Menge unverbranntes aus der Mündung der Geschütze geschleudert wird, wie auch Versuche beweisen. Auſserdem aber kommt noch in Betrachtung, wie schnell und wie stark die entbundenen elastischen Flüssigkeiten durch die Wände des Geschützes abgekühlt werden, und dadurch von ihrer Elasticität verlieren; weswegen erwärmte Geschütze weiter tragen. Ferner läſst sich auch die Menge des Pulverdampfes nicht genau berechnen, welche aus dem Zündloche entweicht, wobei endlich noch zu berücksichtigen ist, daſs auſser der Kugel noch der Pulverdampf, und der Pfropfen (Spiegel) bewegt werden muſs, welcher letzterer sich entweder compresser im Laufe bewegt, und dadurch mehr Reibung verursacht, oder loser, und dann Pulverdampf neben sich entweichen läſst.

Zur Beantwortung der Frage über das Verhältniſs der Pulvermengen und der Länge des Geschützes zur Anfangsgeschwindigkeit sind sehr viele Versuche angestellt. D'Arcy[3] fand, daſs bei gegebener Länge der Kanonen das Verhältniſs der Länge der Ladung zu der Länge des Laufes = 100:171 die gröſste Anfangsgeschwindigkeit giebt, welches mit Robins's Rechnungen und Beobachtungen übereinstimmt, wonach dieses Verhältniſs = 1 : 1,718 seyn soll. Auffallend ist ein anderes Resultat, welches d'Arcy herausbrachte, indem er bei unverminderter Länge des Laufes die Pulvermengen

1 Mém. de l'Ac. 1751. p. 48.

2 Ausführliche Untersuchungen über diesen Gegenstand, und viele erzählte Versuche finden sich in Recherches sur les meilleurs effets à obtenir dans l'Artillerie cet. par le Comte La Martillière. A' Paris. 1819. II. Vol. 8. I. 143 ff.

3 Mém. de l'Ac. 1751. p. 57.

verminderte, und hiernach fand, daſs die Anfangsgeschwindigkeit der Länge des Laufes direct proportional sey, so daſs für einen 24 Pfünder mit 8 Pfd. Pulver eine Länge von 343 F. die vortheilhafteste seyn würde[1]. Indeſs läſst sich diese, mit andern im Widerspruch stehende Erfahrung leicht daraus erklären, daſs d'Arcy von kleinen Pulvermengen auf gröſsere schloſs, obgleich bei den letzteren erst die oben angegebenen modificirenden Bedingungen in Betrachtung kommen.

Im Allgemeinen ist in Folge zahlreicher Versuche, die insbesondere durch Martillière, Scharnhorst und andere Artilleristen vertheidigte Behauptung wohl als begründet anzusehen, daſs die Länge der Geschütze eine gewisse Gröſse nicht übersteigen darf, in Gemäſsheit dessen auch das neuere Geschütz kürzer ist, als das alte. Als die wichtigsten hierüber vorhandenen Versuche wird es genügen, diejenigen zu nennen, welche 1784 und 86 zu Auxonne angestellt wurden[2]. Uebrigens hängt mit der Verkürzung der Geschütze auch die gleichzeitige Einführung der geringeren Metallstärke und der verminderten Ladung zusammen.

Noch weit schätzbarer, als d'Arcy's Versuche über die erforderlichen Pulvermengen sind diejenigen, welche Robins anstellte. Indem diese aber bei allen späteren, durch Hutton in Woolwich mit gröſster Sorgfalt veranstalteten und mit höchster Genauigkeit berechneten mit berücksichtigt sind, so wird es genügen, bloſs die Resultate der letzteren hier mitzutheilen. Hutton[3] fand, daſs für Kanonen von der erforderlichen Länge die Geschwindigkeiten sich verhielten direct wie die Quadratwurzeln der Pulvermengen und umgekehrt wie die Quadratwurzeln des Gewichtes der Kugeln. Dieses führt zu einer sehr leichten Berechnung, wenn man

---

1 Essay d'une Théorie d'Artillerie. par. M. le Chevalier d'Arcy. Par. 1760. 8. Versuch einer Theorie der Artillerie. Dresden. 1766. 8. p. 97.

2 Reflexions sur la fabrication des bouches à feu, par le Comte de Martillière, à Paris 1816. Vergl. de Morla Lehrbuch d. Artillerie. II. 185 ff.

3 Tracts on mathematical and philosophical subjects cet. in three Volumes. Lond. 1812. 8. III. 257. Dieses gehaltreiche Werk wird allezeit verstanden werden, wenn einfach: Tracts angeführt ist.

die Anwendung des Schiefspulvers von der Güte des dort gebrauchten englischen Artilleriepulvers voraussetzt. Die später zu erwähnenden Versuche nämlich ergaben für eine Kugel von 1 Pfd. Gewicht mit 8 Unzen Pulver abgeschossen eine Anfangsgeschwindigkeit von 1600 engl. F. Nimmt man daher eine andere Kugel, z. B. eine 24pfündige, und schiefst diese mit 8 Pfd. = 128 Unzen Pulver, so hat man folgende Proportion

$$\sqrt{8} : \sqrt{\tfrac{128}{24}} = 1600 : x$$

woraus die Anfangsgeschwindigkeit $x = 1306$ F. gefunden wird. Indem aber die Kugel von 1 Pfd. Gewicht 8 Unzen, oder die Hälfte ihres Gewichts des besten Pulvers erforderte, um eine Geschwindigkeit von 1600 F. zu erlangen, und daher die 24pfd. Kugel mit 12 Pfd. Pulver die nämliche Geschwindigkeit erhalten würde, so läfst sich das Gewicht des Pulvers, das der Kugel als Einheit angenommen, mit der dadurch zu erlangenden Geschwindigkeit in eine Tabelle bringen[1].

Gewicht des Pulvers	Geschwindigkeit		Gewicht des Pulvers	Geschwindigkeit	
	engl. F.	par. F.		engl. F.	par. F.
$\frac{1}{20}$	506	475	$\frac{1}{10}$	716	672
$\frac{1}{19}$	519	486	$\frac{1}{9}$	755	708
$\frac{1}{18}$	533	500	$\frac{1}{8}$	800	750
$\frac{1}{17}$	549	515	$\frac{1}{7}$	855	802
$\frac{1}{16}$	566	531	$\frac{1}{6}$	924	865
$\frac{1}{15}$	584	548	$\frac{1}{5}$	1012	959
$\frac{1}{14}$	605	568	$\frac{1}{4}$	1131	1061
$\frac{1}{13}$	628	589	$\frac{1}{3}$	1306	1225
$\frac{1}{12}$	653	613	$\frac{1}{2}$	1600	1501
$\frac{1}{11}$	682	640	1	2263	2123

Ferner aber giebt die Hälfte des Gewichts der Kugel an Pulver dieser eine Geschwindigkeit von 1600 engl. Fufs,

1 Dafs die hiernach gefundenen Werthe nur als genäherte anzusehen sind, und mit den Resultaten der genauen französischen Versuche nicht völlig übereinstimmen, wird unten noch gezeigt werden.

wofür unbedenklich 1500 par. F. gesetzt werden können. Hiernach findet man, in Gemäſsheit des Vorigen, die Geschwindigkeit allgemein, wenn man diese Gröſse = v' mit der Quadratwurzel des doppelten Gewichts des Pulvers = 2 p multiplicirt und durch die Quadratwurzel des Gewichts der Kugel = P dividirt. Also $v = v' \sqrt{\frac{2p}{P}}$ oder wenn man die Pulvermenge für eine gegebene Geschwindigkeit wissen will, so ist $p = \frac{P}{2} \cdot \frac{v^2}{v'^2}$ und wenn man v' in englischen F. = 1600, in par. F. = 1500 setzt, für deren Quadrat den beständigen Logarithmus sucht, so findet man das Pulvergewicht für verschiedene Kugeln und Geschwindigkeiten leicht. Wollte man z. B. einem 24 Pfünder eine Anfangsgeschwindigkeit von 2000 F. engl. mittheilen, so würde die Menge des erforderlichen Pulvers p = 18,75 Pfd. seyn; für 3000 F. Geschwindigkeit aber schon 42,18 Pfd. Indeſs würde in diesem letzteren Falle der Versuch schon eine bedeutende Abweichung von dem durch die Formel gefundenen Werthe zeigen, welche ohnehin nur für die Normalgeschwindigkeit = 1500 par. F. und die nicht weit davon entfernten Geschwindigkeiten nahe genaue Resultate giebt, bei gröſserer Entfernung von dieser Normalgeschwindigkeit aber sich immer mehr von der Wahrheit entfernt, wie aus den oben angegebenen Gründen von selbst folgt.

Hiernach erscheint also die Untersuchung in einem hohen Grade als erschöpft, und bestimmte Resultate darbietend. Es darf indeſs nicht übersehen werden, wenn man anders annimmt, daſs die gröſsten Anfangsgeschwindigkeiten auch die gröſsten Weiten des Wurfes geben, daſs nach zahlreichen Versuchen im Allgemeinen die gröſste Schuſsweite durch eine Quantität Schieſspulver erhalten wird, welche dem Gewichte nach etwas mehr als $\frac{1}{3}$ desjenigen der Kugel beträgt [1]. Später zu erwähnende Versuche, welche D'Arcy anführt, er-

[1] Dieses Resultat folgt aus den Versuchen zu Strasburg und Lafere. S. Belidor's Dissertation sur les Effets de la Poudre, relativement à la plus forte Charge du Canon. In Böhm's Magaz. für Ingenieure und Artilleristen. I. 213, woselbst die Resultate der Versuche mitgetheilt sind.

geben, daſs eine 24 pfd. Kugel durch 24 Pfd. und 9 Pfd. Pulver am weitesten getrieben wurde, so daſs man also auch diese Aufgabe als noch nicht völlig sicher aufgelöset betrachten darf[1].

Will man indeſs theoretisch die einander zugehörigen Gröſsen der Kugeln, der Pulvermengen und der Anfangsgeschwindigkeiten finden, so kann dieses auf folgende Weise geschehen[2]. Es sey

die Länge der Ladung AB —	a	Fig. 119.
die Länge der Bohrung (Seele) AE	b	
die Fläche eines Kreises vom Durchmesser 1 — —	c	
der Durchmesser der Kugel —	D	
das Gewicht eines Kubikfuſses der Kugelmasse —	e	
die Fallhöhe in einer Secunde	g	
der Luftdruck gegen 1 Quadratzoll	m	
die Elasticität des Pulverdampfes	n	
das Gewicht der Kugel — —	p	
die veränderliche Länge AC —	x,	

so ist die Durchschnittsfläche durch den Mittelpunct der Kugel $= cD^2$; der Druck der Atmosphäre hiergegen $= mcD^2$, und somit der Druck des Pulverdampfes dagegen $= nmcD^2$. Da aber die Kraft des Pulverdampfes nach dem Mariotteschen Gesetze seiner Dichtigkeit directe, letztere aber dem Raume umgekehrt proportional ist, so verhält sich die Kraft innerhalb AB zu der innerhalb AC = AC : AB; mithin

$$x : a = mncD^2 : \frac{mnacD^2}{x}$$

welches die bewegende Kraft bei C ausdrückt. Diesemnach ist $\frac{v}{p} = \frac{mnacD^2}{px} = f$ die bewegende Kraft daselbst, und

1 Weitläuftig handelt hierüber de Morla Lehrbuch d. Artilleriewissens. II. 152 ff. Nach ihm ist die Ladung einer Feld-Kanone $= \frac{1}{3}$ höchstens $\frac{1}{2}$ des Kugelgewichtes, zum Bresche-Schieſsen $= \frac{1}{3}$, bei der Schiffs-Kanone $= \frac{1}{4}$. Indeſs giebt eine etwas stärkere Ladung etwas gröſsere Wirkung beim Bresche-Schieſsen.

2 Hutton Tracts III. 290 ff.

$$v\,dv = 2g f\,dx = \frac{2gmnacD^2}{p} \times \frac{dx}{x}$$

wovon das Integral

$$v^2 = \frac{4gmnacD^2}{p} \text{ log. nat. } x + C.$$

Ist hierin $x = a$ für $v = 0$, so ist

$$v^2 = \frac{4gmnacD^2}{p} \text{ log. nat. } \frac{x}{a} \text{ oder}$$

$$v = \sqrt{\left(\frac{4gmnacD^2}{p} \text{ log. nat. } \frac{x}{a}\right)}$$

die *Kraft*, womit die Kugel bei C bewegt wird, und

$$v = \sqrt{\left(\frac{4gmnhcD^2}{p} \text{ log. nat. } \frac{b}{a}\right)}$$

die Geschwindigkeit, womit die Kugel aus der Kanone fährt, wenn h allgemein die Länge des mit Pulver gefüllten Cylinders bezeichnet, und a den Raum hinter der Kugel, welcher gröfser als h ist, wenn die *Kugel das Pulver nicht* berührt. Der Inhalt der Kugel *ist indefs* $= \frac{2}{3} cD^3$; mithin $p = \frac{2}{3} cD^3 e$. Substituirt man diese Werthe in die Formel, und drückt m und g in Zahlen aus, ersteres = 230 Unzen, letzteres = 16 F. engl.,

$$\text{so ist } v = 1783 \sqrt{\left(\frac{nh}{De} \text{ log. nat. } \frac{b}{a}\right)}$$

$$= 2706 \sqrt{\left(\frac{nh}{De} \text{ log. vulg. } \frac{b}{a}\right)};$$

wird dann für eine eiserne Kugel $e = 7400$,

$$\text{so ist } v = 31{,}45 \sqrt{\left(\frac{nh}{D} \text{ log. } \frac{b}{a}\right)}$$

und für eine bleierne Kugel $e = 11325$

ist $v = 25{,}42 \sqrt{\left(\frac{nh}{D} \text{ log. } \frac{b}{a}\right)}$; worin a, b, d und h in Fufsen oder in Zollen genommen werden können.

Hutton prüft diese Formel an einem Beispiele. In den nachher zu erwähnenden Versuchen war im Mittel die Geschwindigkeit einer Kugel von 1,96 Z. Durchmesser mit 4 Unzen Pulver geladen = 1180 engl. F. Ferner war $a = 2{,}54$ Z.; $h = 3{,}45$ Z.; $b = 38{,}43$ Z. Wird dann n nach Robins = 1000 angenommen, so giebt die Formel

$v = 1159$ F.; mithin (wegen des zu geringen Werthes von n) nur 21 F. geringer, als durch die Erfahrung gefunden war[1].

Bei dieser Formel, welche durch Verwandlung des Zahlen-Coefficienten leicht in alt- oder neu-französisches, oder ein sonstiges Maſs verändert werden kann, ist der Druck der Atmosphäre gegen die Kugel nicht mit berechnet, eine Gröſse, welche als unbedeutend füglich vernachläſsigt werden kann. Zugleich aber liegen die anderweitigen bedingenden Umstände, als Reibung der Kugel, nicht gleichzeitiges und nicht vollständiges Verbrennen des Pulvers, insbesondere aber der Verlust des Pulverdampfes durch das Zündloch und an den Seiten der Kugel auſser dem Bereiche der Rechnung. Vernachläſsigt man diese Gröſsen, nimmt aber auf das Gewicht des Pulvers und der Patrone Rücksicht, und nennt dieses 2 w, so ist für eiserne Kugeln

$$v = 47 \sqrt{\left(\frac{n h D^2}{p+w} \log. \frac{b}{a}\right)}$$

und mit einer kleinen Correction für den Gegendruck der Luft gegen die Kugel noch genauer:

$$v = 46{,}1 \sqrt{\left(\frac{n h D^2}{p+w} \log. \frac{b}{a}\right)}$$

Man sieht bald, daſs in dieser Formel der so höchst verschieden angegebene Werth von n sehr in Betrachtung kommt. Indeſs giebt dieselbe ein Mittel an, um aus den bekannten Gröſsen für v den Werth von n (jedoch wiederum bloſs für

1 Bei den Versuchen, welche Robins mit Kugeln von Blei, $\frac{1}{12}$ Pfd. av. du p. Gewicht schwer mit 12 Drachmen Pulver geladen anstellte, fand er die Geschwindigkeit im Mittel 1650 Lond. Fuſs. S. a. a. O. p. 209. Prony's in Verbindung mit Grobert vermittelst eines zweckmäſsigen Apparates angestellte Versuche ergaben die Geschwindigkeit der bleiernen Kugeln 24,7 Grammes schwer und mit der Hälfte ihres Gewichtes Pulver geschossen = 390,47 Metres bei einem Cavalleriegewehre von 0,756 Metres Länge, und = 428 Metres bei einem Soldatengewehre von 1,137 Met. Länge. S. Leçons de Mécanique analytique. II. 158. Vergl. Maschine pour mésurer la vitesse initiale des mobiles de differents calibres. cet. par Grobert. Par. 1804. I. Vol. 4. d'Arcy's Versuche ergeben bei einem Flintenlaufe von 6 F. Länge 1083 und von 3,75 F. Länge 938 F. Geschwindigkeit der Bleikugel. Antoni's Versuche in Turin geben eine Geschwindigkeit von 1030 bis 1227 F.

eine gewisse Gattung unter bestimmten Bedingungen entzündeten Schiefspulvers) zu berechnen, indem

$$n = v^2 \left(\frac{p + w}{2180\, hD^2}\right) : \log. \frac{b}{a} \text{ ist,}$$

worin D und h in Zollen, v in Fufsen genommen werden. Die Woolwicher, mit vier verschiedenen Kanonen angestellten Versuche geben die in nachstehender Tabelle befindlichen uncorrigirten Werthe für n; unter n' aber die auf das Genaueste für alle oben angegebenen Bedingungen corrigirten, indem die übrigen Bezeichnungen, wie oben beibehalten sind, G aber das Gewicht des Schiefspulvers in Unzen bezeichnet.

b	G	a	h	p+w	v	n	n'
	4	3,78	2,54	19,06	1100	1182	1700
28,53	8	6,32	5,08	21,19	1340	1319	1821
	16	11,40	10,16	25,47	1430	1531	2075
	4	3,78	2,54	19,06	1180	1192	1720
38,43	8	6,32	5,08	21,19	1480	1440	2015
	16	11,40	10,16	25,47	1660	1526	2068
	4	3,78	2,54	19,06	1300	1238	1784
57,70	8	6,32	5,08	21,19	1790	1622	2241
	16	11,40	10,16	25,47	2000	1670	2264
	4	3,78	2,54	19,06	1370	1231	1776
80,23	8	6,32	5,08	21,19	1940	1664	2281
	16	11,40	10,16	25,47	2200	1684	2300

Die Kanonen hatten alle gleiche Bohrung, und ihre verschiedenen Längen geben daher keine grofsen Unterschiede. Indefs sieht man doch, dafs v mit der Länge derselben zunimmt, n aber nur unmerklich. Weit gröfser ist die Differenz von n und n' bei den verschiedenen Pulvermengen, woraus sich ergiebt, dafs mit der Menge des Pulvers die Hitze und somit die Expansion der erzeugten elastischen Flüssigkeiten wächst. *Wenn man demnach für n einen* mittleren Werth = 2200 annimmt (worin aber der Verlust der absoluten Expansion des Pulverdampfes durch das Zündloch u. s. w. schon begriffen ist), dann aber a und b in

Einheiten des Calibers ausdrückt, so hat man die gröſste Anfangsgeschwindigkeit $v = 5875 \sqrt{\left(\frac{a}{16+a} \cdot \log. \frac{b}{a}\right)}$.
Hiernach ist folgende Tabelle berechnet, worin w das Gewicht des Pulvers bedeutet, das Gewicht der Kugel als Einheit angenommen, v aber die gröſste Geschwindigkeit, womit die eiserne Kugel die Mündung der Kanone verläſst.

b	a	b : a	w	v
2	0,63	3,171	0,12	810
4	1,20	3,333	0,23	1122
6	1,72	3,488	0,33	1348
8	2,20	3,636	0,42	1529
10	2,64	3,788	0,50	1681
12	3,05	3,934	0,58	1813
14	3,43	4,082	0,65	1929
16	3,78	4,233	0,71	2033
18	4,11	4,380	0,78	2127
20	4,42	4,525	0,84	2213
22	4,71	4,671	0,90	2292
24	4,99	4,810	0,95	2366
26	5,25	4,952	1,00	2434
28	5,50	5,091	1,05	2498
30	5,73	5,235	1,09	2558
32	5,96	5,369	1,13	2614
34	6,17	5,510	1,17	2668
36	6,37	5,651	1,21	2719
38	6,56	5,793	1,25	2767
40	6,75	5,926	1,28	2813
42	6,93	6,061	1,32	2857
44	7,10	6,197	1,35	2899
46	7,27	6,328	1,38	2939
48	7,43	6,460	1,41	2978
50	7,58	6,596	1,43	3015
52	7,72	6,736	1,46	3051
54	7,86	6,870	1,49	3085
56	8,00	7,000	1,52	3118
58	8,13	7,134	1,55	3150
60	8,26	7,264	1,57	3180

Bei diesen Untersuchungen über die Anfangsgeschwindigkeiten der geschossenen Kugeln mufsten mehrmals die durch Versuche gefundenen Gröfsen zu Hülfe genommen werden, und die Uebersicht des Ganzen zeigt deutlich, dafs zwar die gefundenen Resultate so genau sind, als sie wahrscheinlich bei den grofsen obwaltenden Schwierigkeiten, insbesondere wegen der kaum genau bestimmbaren Gröfse der Elasticität des Pulverdampfes gefunden werden können, dafs aber ohne Benutzung der durch Versuche gefundenen Gröfse der Anfangsgeschwindigkeiten diese letzteren schwerlich durch Theorie allein bestimmbar seyn dürften, wonach also das ganze Problem der Ballistik noch immer zu den gänzlich unaufgelösten gehören würde. Man hat sich daher wiederholt bemühet, die *Anfangsgeschwindigkeiten* der unter verschiedenen Bedingungen abgeschossenen Kugeln durch Versuche auszumitteln. Die ersten aber, welche als sehr zweckmässig und bedeutend die Aufmerksamkeit und den ungetheilten Beifall des Publikums erregten, sind die von dem Engländer Robins angestellten, in seinem oben genannten Werke ausführlich beschriebenen. Er bediente sich hierzu eines schweren hölzernen Pendels, gegen welches er Flintenkugeln *schofs, indem* er dann aus dem Winkel seiner Abweichung von der lothrechten Linie die Kraft der Kugeln, und hieraus bei bekannter Masse derselben die Geschwindigkeit berechnete. Eines ähnlichen Pendels bediente sich d'Arcy 1755 bei seinen Versuchen, desgleichen mit verbesserter Construction Hutton 1775 bei einer grofsen Reihe von Versuchen, welche in Woolwich unter seiner Leitung angestellt wurden. Für den Bericht über dieselben und die aus ihnen erhaltenen Resultate bekam er die goldene Medaille von der Londoner Societät [1]. Diese und die Fortsetzung derselben beschrieb Hutton später ausführlich [2], und sie sind sehr wichtig theils wegen ihres Umfanges und ihrer Genauigkeit, theils in Be-

---

1 Phil. Tr. LXVIII. 50.

2 Tracts on Mathematical and Philosophical Subjects. I. Vol. 4. Lond. 1786. Der Hauptinhalt dieses Werkes ist in dem oben genannten späteren, 1812 in 3 Octavbänden erschienenen enthalten. Letzteres wird kurz als: Tracts hier citirt.

ziehung auf die praktische Anwendbarkeit hauptsächlich deswegen, weil sie nicht mit Flintenkugeln, sondern mit Kanonenkugeln von 1 bis 3 Pfd. und einige selbst von 24 Pfd. angestellt wurden. Eine minder umfangende, aber doch schätzbare Reihe von Versuchen des Benj. Thomson Gr. Rumford im Sommer 1778 zu Stoneland-Lodge gleichfalls mit einem vortrefflichen Pendel nach Robins Angabe angestellt, um die Anfangsgeschwindigkeiten der Kugeln und die Kraft des Schiefspulvers zu finden[1], ist gleichfalls durch Hutton berücksichtigt. Das Vollständigste aber, was in dieser Hinsicht geschehen ist und schwerlich jemals übertroffen wird, sind die *zahlreichen* Versuche, welche der Major, nachmals General Bloomfield in den Sommern 1783 bis 1791 gleichfalls zu Woolwich unter der Leitung Hutton's anstellte. Diese und die früheren sind durch Hutton in seinen 1812 erschienenen Tracts u. s. w. ausführlich beschrieben, und verdienen daher vorzugsweise berücksichtigt zu werden. Bei denselben wurde die Geschwindigkeit der Kugeln nicht bloſs aus der Bewegung berechnet, welche sie einem schweren Pendel mittheilten, sondern zugleich aus dem Bogen, welchen die als Pendel aufgehangene Kanone durchlief, indem der Stoſs gegen diese nach mechanischen Principien der Gewalt gleich ist, womit die Kugel fortgeschleudert wird, die dadurch erhaltenen Geschwindigkeiten der Pendel selbst aber den bewegten Massen umgekehrt proportional sind. Um aber vermittelst eines solchen Apparates die gesuchten Gröſsen durch Beobachtuug und Rechnung zu finden, ist nach Robins und Euler[2], vorzüglich aber nach Hutton[3] Folgendes zu berücksichtigen.

Das Pendel, dessen sich Hutton bediente, bestand aus einem dicken Stücke harten Holzes mit vielem Eisen möglichst beschwert A; aus einer zum Tragen hinlänglich starken eisernen Stange aa und den tragenden Hebelarmen bb aus gehärtetem Stahl mit einer möglichst scharfen, auf polirten Stahlplatten ruhenden Schneide. Unten an demselben war

Fig. 120.

1 Phil. Tr. LXXI. 229.

2 Robins Grundsätze d. Artillerie und die Anmerk. von L. Euler.

3 Tracts. II. 321.

ein stählerner Stift s mit einer feinen Spitze angebracht, welche in eine bogenförmig gebildete, und bis zur erforderlichen Weite getheilte weiche Wachsmasse durch Einschneiden die Grade des Abweichungswinkels des Pendels von der lothrechten Linie bezeichnete[1]. Um das Centrum Oscillationis zu finden, liefs man das Pendel schwingen. Ist dann die Zahl dieser Schwingungen $= n$; die Zeit in Secunden $= s$; die Länge des Secundenpendels $= l$; so ist $n^2 : s^2 = l : \frac{s^2 l}{n^2}$, wodurch die für die Lage des Schwerpunctes und das Centrum Oscillationis corrigirte Länge des Pendels gefunden wird[2]. Diese Länge oder die Entfernung des Centrum Oscillationis $= \frac{s^2 l}{n^2}$ sey dann allgemein:

Länge des Pendels . . . . m
Gewicht der Kugel . . . . b
Gewicht des Pendels . . . . p
Entfernung des Schwerpunctes . . . . . q
Entfernung des von der Kugel getroffenen Punctes . i
Chorde des durchlaufenen Bogens c
Der Radius, oder die Entfernung bis zum bezeichneten Bogen r
Die Geschwindigkeit, womit die Kugel aufschlägt . v

so ist $b i^2$ die Summe der Kräfte, womit die Kugel gegen das Pendel schlägt, und $p q m$ die Summe der Kräfte, womit sich das Pendel bewegt, folglich $b i^2 + p q m$ die vereinte Summe beider. Ist dann $b i^2 v$ die quantitas motus der Kugel, so ist $(b i^2 + p q m) \times z$ die quantitas motus des Pendels und der Kugel, wenn z die Geschwindigkeit des getroffenen Punctes bezeichnet; mithin $z = \frac{b i^2 v}{b i^2 + p q m}$. Es wird aber durch das Hinzukommen der in das Holz dringenden Kugel zu den vorigen Gröfsen die Entfernung des centrum oscillationis verändert. Es sey diese veränderte Entfernung $= y$;

---

1 Robins mafs diesen Winkel unvollkommener an einem unten angebrachten Bande, d' Arcy vermittelst eines Zeigers unten an der Linie des Pendels.

2 S. *Pendel.*

so läſst sich diese finden, wenn man die Summen der Kräfte durch die Summen der *statischen* Momente dividirt, oder $y = \frac{pqm + bi^2}{pq + bi}$ setzt. Indem aber z für die Entfernung $= i$ berechnet ist, so ist $i : y = \frac{bi^2 v}{pqm + bi^2} : z'$, d. i. *der Geschwindigkeit des vereinten Centrum Oscillationis.* Für y substituirt ist $z' = \frac{biv}{pq + bi}$.

Nach der Natur des Kreises ist ferner $2r : c = c : \frac{c^2}{2r}$ d. i. dem sin. vers. welcher dem Bogen c für den Radius $= r$ zugehört; und auf gleiche Weise $r : y = \frac{c^2}{2r} : \frac{c^2}{2r^2} . y$, d. i. dem sin. vers. des durch den Radius y beschriebenen Bogens, welcher w heiſsen möge. Die Geschwindigkeit aber, welche dem Schwunge im Bogen zugehört, ist derjenigen gleich, welche im freien Falle durch seinen sin. vers. erzeugt wird. Ist also die Fallhöhe in einer Sexagesimalsecunde $= g$; so ist $\sqrt{g} : \sqrt{w} = 2g : \frac{\sqrt{w} \cdot 2g}{\sqrt{g}}$ d. i. *der Geschwindigkeit des Centrum Oscillationis aus der Chorde des durchlaufenen Bogens abgeleitet,* welche durch Substitution des Werthes von g für London $= 16{,}09$ engl. F. $w = 5{,}6727 \frac{c}{r} \sqrt{\left(\frac{pqm+bi^2}{pq+bi}\right)}$; und des Werthes von g unter $45°$ N. B. $= 15{,}06$ par. F. $w = 5{,}48817 \frac{c}{r} \sqrt{\left(\frac{pqm+bi^2}{pq+bi}\right)}$ giebt. Indem aber endlich die nämliche Gröſse durch zwei Ausdrücke gegeben ist, so erhält man durch die Verbindung beider aus

$$\frac{biv}{pq + bi} = 5{,}6727 \frac{c}{r} \sqrt{\left(\frac{pqm+bi^2}{pq+bi}\right)}$$

die Gröfse v völlig genau in engl. Fufs[1]:

$$v = c\,\frac{5{,}6727}{b\,i\,r}\sqrt{[(p\,q\,m + b\,i^2)\times(p\,q + b\,i)]}$$

oder in par. F:

$$v = c\,\frac{5{,}48817}{b\,i\,r}\sqrt{[(p\,q\,m + b\,i^2)\times(p\,q + b\,i)]}.$$

Will man sich mit einen bis auf 0,0002 genähertem Werthe begnügen, so kann man $v = 5{,}48817\,q\,c\,\frac{p+b}{b\,i\,r}\sqrt{m}$ in par. Fufs setzen.

Es ist ferner oben gezeigt, dafs $m = \frac{s^2 l}{n^2}$ ist. Man kann aber zu gröfserer Bequemlichkeit hierfür die Werthe suchen. Ist nämlich s die Zahl der Schwingungen des Secunden-Pendels in einer Minute mittlerer Sonnenzeit $= 60$; die Länge des Secundenpendels $= 440{,}3998$ par. Lin., so ist $m = \frac{11010}{n^2}$ in par. Mafs und $m = \frac{11737{,}5}{n^2}$ in Lond. Mafs. Diesen Werth in die letzte Formel substituirt, ist in par. F.

$$v = 575{,}8655\,q\,c \times \frac{p+b}{b\,i\,r\,n}.$$

und in Lond. F. $v = 614{,}58\,q\,c \times \frac{p+b}{b\,i\,r\,n}$.

Indem aber durch jede neu hinzukommende Kugel das Pendel verändert wird, so ist dann allgemein

$$p = p + b$$

$$q = \frac{i-q}{p+b}\,b \text{ oder nahe genau } = q + \frac{1-q}{p}\,b$$

$$m = \frac{p\,q\,m + b\,i^2}{p\,q + b\,i} \text{ oder nahe genau } = m + \frac{1-m}{p\,q + b\,i}.b\,i.$$

wenn b gegen p sehr klein ist. Weil aber oben m durch n

[1] Hutton Tracts II. 324 bemerkt, dafs diese Formel mit der von Euler und auch Robins gegebenen genau übereinstimme. Jedoch hatte ersterer übersehen, dafs die von letzterem angegebenen Gröfsen in Phil. Tr. von 1743 verbessert sind.

ausgedrückt ist, so kann diese eben angegebene Correction gleichfalls hierdurch ausgedrückt werden. Es ist aber in par. Z. $m = \frac{132120}{n^2}$; mithin $n = \frac{363,483}{\sqrt{m}}$.

Hiernach wird die Verbesserung für n, wenn in Pariser Fufsmafs gemessen wird,

$$\Delta n = 363,5 \times \left\{\frac{1}{\sqrt{m}} - \frac{1}{\sqrt{\left(m + \frac{i-m}{pq+bi} \cdot bi\right)}}\right\}$$

$$= 363,5 \times \left\{\frac{1}{\sqrt{m}} - \frac{1}{\sqrt{m} \times \sqrt{\left(1 + \frac{i-m}{pq+bi} \cdot \frac{bi}{m}\right)}}\right\}$$

$$= n - \frac{n}{\sqrt{\left(1 + \frac{i-m}{pq+bc} \cdot \frac{bi}{m}\right)}}$$ oder nahe genau:

$$= n - \frac{n}{1 + \frac{i-m}{pq+qi} \cdot \frac{bi}{2m}};$$ und endlich für m substituirt

$$= \frac{nbi \times (in^2 - 132120)}{264240pq + bi(in^2 + 132120)}$$ nach Par. Mafs

$$= \frac{nbi \times (in^2 - 140850)}{281700pq + bi(in^2 - 140850)}$$ nach Lond. Mafs,

welche Gröfse negativ ist, und von jedem vorigen Werthe von n abgezogen wird, weil mit der Zunahme des Gewichtes des Pendels die Zahl der Schwingungen abnimmt.

Als Hindernisse, welche zugleich berücksichtigt werden müssen, wenn die nach dieser Formel berechneten Versuche genaue Resultate geben sollen, sind anzusehen: 1. die Reibung des Pendels an seinem Aufhängepuncte; 2. der Widerstand der Luft gegen das bewegte Pendel; 3. die Zeit, welche die Kugel gebraucht, um in das Holz einzudringen; 4. der Widerstand der Luft gegen die bewegte Kugel. Wenn sich aber das Pendel auf Schneiden bewegt und gegen die Kugel beträchtlich schwer ist, nämlich wenigstens im Verhältnifs von 500 : 1 (welches bei dem sehr massiven eisernen, das Holz ein-

schliefsenden Rahmen leicht erreicht werden kann), so fallen die ersten drei Hindernisse als ganz unbedeutend weg, das letzte aber kann, ohne vorher v zu bestimmen, nicht gefunden werden. Eben die Versuche aber geben das vorzüglichste Mittel, diese Gröfse genau zu berechnen, indem man aus dem Bogen, welchen die gleichfalls pendelartig aufgehangene Kanone nach dem Schusse oscillirend beschreibt die Anfangsgeschwindigkeit und aus dem getroffenen Pendel die Endgeschwindigkeit der Kugel berechnet, wonach die Differenz beider die Verzögerung durch den Widerstand der Luft giebt. Die Anfangsgeschwindigkeit der Kugel aber läfst sich aus dem durch die Kanone beschriebenen Bogen auf gleiche Weise berechnen, und ist nach der zuletzt gegebenen Formel:

$$v = 575{,}8655\, qc \times \frac{\varkappa}{birn} \text{ in par. F.}$$

$$v = 614{,}58\, qc \times \frac{\varkappa}{birn} \text{ in Lond. F.}$$

wenn $\varkappa$ das Gewicht der Kanone bedeutet, bei welcher keine Vermehrung des Gewichts statt findet, und somit die zuletzt angegebene Correction wegfällt.

Von den Resultaten der mit diesem Apparate angestellten Versuche wird nachher bei der Bestimmung der Kugelbahnen Gebrauch gemacht werden. Im Allgemeinen ergab sich Folgendes. Die Geschwindigkeit der Kugeln von 16 Unzen 13 Drachmen Gewicht nahm zu mit der Länge der Kanone und der Gröfse der Ladung, beides bis zu einem Maximum, über welches hinaus sie wieder abnahm. Das Maximum der anfänglichen Geschwindigkeit war 2200 engl. F. mit 18 Unzen Pulver und bei 80,2 Z. Länge der Bohrung. Indefs hängt die Genauigkeit dieser Resultate sehr ab von der Gröfse des Raumes zwischen der Kugel und den Wänden der Kanone, dem Spielraume der Kugel, bei den Engländern *windage*, bei den Franzosen *vent du boulet* genannt, welcher bei nicht völlig runden Kugeln am gröfsten ist. Bei der englischen Artillerie soll die Differenz des Durchmessers der Kanone und der Kugel nicht gröfser seyn als $\frac{1}{20}$stel, bei der französischen aber nicht mehr als $\frac{1}{23}$stel. Steigt sie über

die erstere Gröſse, so entweicht $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ des Pulverdampfes neben der Kugel[1].

B. Bahn der geworfenen Körper.

Die Aufgabe einer genauen Bestimmung der Bahn, welche ein geworfener oder aus einem Geschütze geschossener Körper durchläuft, gehört unter die allerschwierigsten der angewandten Mathematik, und aller Bemühungen der gröſsten Geometer ungeachtet ist man so weit entfernt, dieselbe vollständig gelöset zu haben, daſs es selbst schwierig ist, eine deutliche Uebersicht der deswegen gemachten Versuche und der dadurch erhaltenen Resultate zu geben. Am zweckmäſsigsten wird es daher seyn, die einzelnen Theile derselben für sich zu betrachten.

---

1 Hutton Dict. II. 612. Nach der Ordonanz von 1732 gehören in Frankreich folgende Gröſsen zu einander, wenn c das Caliber, d den Durchmesser der Kugel, d′ des Geschützes bezeichnet:

c	d			d′		
	II	III	IV	II	III	IV
24	5	5	4	5	7	7,5
16	4	9	0	4	11	$2\frac{5}{8}$
12	4	3	11,25	4	5	9
8	3	9	4,5	3	11	0
4	3	0	0	3	1	3,75

Nach der Ordonanz von 1768 beträgt die Differenz für die drei letzten Stücke 1 Lin. S. La Martillière Recherches I. 253. Bei der spanischen Artillerie finden folgende Verhältnisse statt

c	d			d′		
	II	III	IV	II	III	IV
24	5	5	$5\frac{1}{7}$	5	7	7,5
16	4	9	$1\frac{5}{7}$	4	11	$2\frac{5}{8}$
12	4	3	$10\frac{2}{7}$	4	5	9
8	3	9	$3\frac{1}{7}$	3	11	0
4	3	0	0	3	1	3,75

S. Lehrbuch d. Artilleriewissenschaft. Aus dem Spanischen des D. Thom. de Morla von J. G. v. Hoyer. Leipz. 1824. II. Vol. 8. II. 57. Diese Angaben mögen nur als Beispiel dienen. Vollständige Uebersichten findet man in den Tabellen, welche dem Werke von de Morla beigefügt sind.

Eine Hauptfrage, welche zuerst zu erörtern ist, betrifft die lothrechte Ebene, welche man sich meistens durch die Bahn der Kugeln gelegt vorzustellen pflegt. Wenn man nämlich annimmt, dafs der Mittelpunct der Kugel sich genau in der Axe des Geschützes bewegt, dann in der hierdurch erhaltenen Richtung beharret, und im Fliegen blofs von der stetig wirkenden Schwere afficirt wird, so müfste die Bahn eine Linie einfacher Krümmung seyn, und in einer die Axe des Geschützes schneidenden verlängerten Ebene liegen, wonach also die Kugel nicht seitwärts von dem genau einvisirten Ziele vorbeigehen könnte [1]. Letzteres findet aber nach den Resultaten der sorgfältigsten Versuche allerdings statt. Man hat diese Seitenabweichung der Kugeln vom Zurückweichen des Geschützes ableiten wollen, allein Hutton's [2] Berechnungen ergeben, dafs hierin der Grund nicht liegen kann. Dagegen bietet sich eine andere Ursache von selbst dar, und wird auch nirgend verkannt. Die Kugeln nämlich, namentlich die Kanonenkugeln, können auf keine Weise so dicht an die Wände des Geschützes anschliefsen, dafs nicht eine Art von Schlottern bei ihrem Entweichen aus dem Geschütze statt finden sollte, wobei es sehr darauf ankommt, welche Richtung sie beim Herausfahren aus der Mündung erhalten, indem hiernach der Winkel der Abweichung gröfser oder kleiner seyn kann. Wenn man indefs bedenkt, dafs bei der jetzigen genauen Bohrung der Geschütze und Rundung der Kugeln, desgleichen bei dem geringen Raume zwischen der letzteren und den Wandungen des Geschützes kein merklicher Spielraum statt findet, indem ohnehin die gleich anfangs grofse Geschwindigkeit die Richtung der Kugel bestimmt, und sie von dieser nicht füglich abweichen kann, weil sie in derselben noch obendrein durch das umgebende, nicht sofort zerstörte Zeug und den allseits vorbeidringenden, sehr comprimirten, Pulverdampf erhalten wird; so kann man nicht umhin nach einer andern Ursache der Seitenabweichung zu suchen, welche nach den in Woolwich auf

---

1 So wird die Sache in den Lehrbüchern der Mechanik, z. B. von Prony, Poisson, Bezout, Boucharlat u. a. stets vorgetragen.

2 Tracts III. 522.

Veranlassung des Herzogs von Richmond durch Hutton angestellten Versuchen so stark war, daſs sie einen Winkel von 15° betrug[1], ohngeachtet ein Schlottern der Kugeln durch zu groſsen Spielraum zwischen ihnen und den Wandungen des Geschützes sorgfältig vermieden war. Eben diese Versuche aber ergaben auch, daſs die lothrechte Ebene durch die Bahn der Kugel nicht gerade ist, wie man bei der Voraussetzung anzunehmen pflegt, daſs die Seitenabweichung der Kugel durch den Winkel bestimmt ist, welchen ihre Bahn nach der Entfernung aus der Mündung der Kanone mit der verlängerten Axe derselben macht, sondern daſs auch diese gekrümmt ist. Die Ursache hiervon liegt indeſs ohne Zweifel in dem ungleichen Widerstande der Luft, worin sich die Kugel bewegt. Robins entdeckte dieses schon, und bestätigte die Sache durch Versuche, indem er Kugeln aus gekrümmten Läufen schoſs, dadurch denselben eine künstlich bestimmte Rotation gab, und fand, daſs sie allezeit nach der convexen Seite des Laufes hin abwichen[2]. Um die Sache deutlicher zu machen, wollen wir annehmen, die Kugel c bewege sich in der Richtung ec und rotire in der durch den Pfeil angedeuteten. Je nachdem ihre Bewegung schneller ist, wird die Luft vor ihr mehr verdichtet und in gleichem Maſse hinter ihr verdünnt seyn. Die Rechnung ergiebt, daſs die Luft unter dem mittleren atmosphärischen Luftdrucke mit einer Geschwindigkeit von etwa 1220 F. in den leeren Raum eindringt[3]. Ist daher die Bewegung der Kugel schneller, so wird der Raum hinter derselben ein Vacuum seyn; auf allen Fall aber ist, wie die Zeichnung andeutet, die Luft bei α und β am dünnsten, zwischen $\varepsilon\,\delta$ am dicksten. Indem nun die in der angegebenen Richtung rotirende Kugel aus dem Vacuo bei α in die bis ε an Dichtigkeit zunehmende Luft tritt, gegen letztere aber an jedem Puncte ihrer Oberfläche in der Richtung der Tangente ihrer Rotation stöſst, der hierdurch erzeugte Widerstand aber bei α im Minimum, bei ε im Maximum statt findet, so muſs sie mit einer ihrer Ge-

Fig. 121.

1 Hutton Dict. I. 615.

2 Robison System. I. 202.

3 S. *Pneumatik*.

schwindigkeit proportionalen Kraft nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt, und also nach d hin seitwärts bewegt werden. Es leuchtet übrigens von selbst ein, daſs die Kugelbahn in dieser genannten Beziehung sowohl seitwärts, als aufwärts und abwärts gekrümmt seyn kann, jederzeit in einer, ihrer Rotation entgegengesetzten Richtung. Zugleich aber ist unverkennbar, daſs diese Abweichung der Bahn aus der verticalen Ebene durch die Axe des Geschützes auch auf die Bestimmung der Bahn im Allgemeinen einen Einfluſs hat, selbst wenn man zugiebt, daſs der oben angegebene Abweichungswinkel von 15° unter die seltenern Ausnahmen bei gutem Geschütze gehört. Eine genaue Berechnung dieses Einflusses liegt aber wahrscheinlich auſser den Grenzen der Analyse, weil die Richtung der Rotation und die Geschwindigkeit derselben ganz umbestimmbar *sind*, auſserdem aber bei gröſserer Geschwindigkeit der Kugel das umgebende Medium eine gröſsere Ungleichheit der Dichtigkeit erhält, eben dadurch also eine stärkere Ablenkung bewirkt, während die Kugel in gleichen Zeiten gröſsere Räume zurücklegt, und in denselben daher für gleiche Räume ungleich viele Umläufe macht[1]. Woher aber eine solche, oft höchst schnelle rotatorische Bewegung der Kugel um eine willkührlich gerichtete Axe derselben entstehe, ist leicht zu begreifen. Die Ursachen sind nämlich theils ein Anstoſsen der Kugel an irgend eine Stelle des Laufes, einseitige Reibung, ungleiche Lage ihres Schwerpunctes nicht genau im Mittelpuncte wegen

---

1 v. Rhode in seiner gelehrten Abhandlung: Ueber die Abweichung geworfener Körper von der verticalen Richtungsebene cet. Berl. 1795. 4. widerlegt p. 1. Lombard, welcher die Abweichung von der verdichteten Luft vor der Kugel unmittelbar ableitet, behauptet p. 39. „*die Rotation* „*der Kugel habe an sich keinen Einfluſs auf jene Abweichung, son*-„*dern nur der hervorragende Brandröhrenkopf der Haubitzen und* „*Granaden*", dessen Moment zur Hervorbringung einer Abweichung von der verticalen Richtungsebene zu berechnen der Zweck der Abhandlung ist, sucht ferner p. 14 u. 15. geometrisch zu beweisen, daſs der Widerstand der Luft bei vorhandener Rotation einer Kugel keine Abweichung derselben von der verticalen Ebene bewirken könne. Allein dabei ist auf die ungleiche Dichtigkeit der Luft, bis zur Erzeugung eines leeren Raumes keine Rücksicht genommen, und deswegen stimmt das Resultat seiner Demonstration mit der Erfahrung nicht überein.

ungleicher Dichtigkeit ihrer Masse als Folge des nicht ganz gleichzeitigen Erkaltens aller Theile in den Formen, insbesondere aber ein ungleichmäfsiger Stofs des explodirenden Pulvers gegen ihre hintere Fläche [1].

Man hat oft auf Mittel gedacht, diese Rotation selbst und ihren Einflufs auf die Bahn der Kugeln aufzuheben. In etwas geschieht dieses durch Vermeidung des Schlotterns der Kugel im Laufe und durch Umgeben derselben mit elastischem wollenen Zeuge, desgleichen bei Flintenkugeln durch das Einlegen derselben in Läppchen mit Talg bestrichen (das sogenannte Pflastern); welche Mittel aber, wie leicht erweislich ist, nicht völlig genügen. Hutton [2] schlägt vor, statt der Kugeln Cylinder zu wählen, welche noch aufserdem wegen gröfserer Schwere weiter geworfen werden könnten. Ob aber bei diesen nicht etwa gar ein Ueberschlagen, oder sonstige noch bedeutendere Hindernisse eintreten würden, müfste doch erst durch die Erfahrung ausgemittelt werden.

Bei den sogenannten *gezogenen* (ausgezogenen) Läufen hat man das Mittel wirklich gefunden, dieses Hindernifs völlig aufzuheben. Man schneidet nämlich drei, fünf oder mehrere Furchen in den Lauf ein, welche unten mehr, oben weniger, der zunehmenden Geschwindigkeit der Kugel umgekehrt proportional, um die Axe des Laufes gewunden sind, im Ganzen 0,75 bis 1,25 Windungen machen. Hierdurch erhält die Kugel eine sehr schnelle Rotation um ihre in der Bahn liegende Axe und jeder Punct ihrer Oberfläche beschreibt daher einen Kreis, welcher ein gleich dichtes Medium berührt. Woher diese sinnreiche Erfindung stamme, ist mir nicht bekannt, indefs meint Benzenberg [3], sie sey von den hauptsächlich in der Schweiz früher gebräuchlichen Pfeilen entlehnt, welche mit der Armbrust geschossen wurden, und am hinteren Ende einige Reihen um den Schaft in gewundenen Linien befestigter Federn hatten, und hierdurch eine Rotation um ihre Axe erhielten [4].

---

1 Montalembert in Mém. de l'Ac. 1755. p. 463.

2 Tracts III. 261.

3 Mündliche Mittheilung.

4 Leutmann, indem er über das Ziehen der Büchsen redet, giebt blofs an, dafs die Kugeln dann gerader fliegen, und sich leichter durch

Weil indefs die Kugel in die Furchen der Büchse gedrückt werden mufs, so kann dieses Hülfsmittel nur bei bleiernen Kugeln und eisernen Läufen statt finden, und leidet auf eiserne Kanonenkugeln keine Anwendung.

Die eigentliche Aufgabe der Ballistik ist, einen in gröfserer oder geringerer, überhaupt in erreichbarer Entfernung befindlichen Gegenstand durch einen geworfenen Körper zu treffen. Abstrahirt man hierbei von dem oben erörterten Hindernisse, und nimmt an, dafs die Kugel sich wirklich in einer durch die Axe des Geschützes gelegten lothrechten Ebene bewege, so wird die geworfene Kugel nach dem Gesetze der Trägheit in der einmal erhaltenen Geschwindigkeit beharren, zugleich aber durch die Schwere afficirt in jedem Zeittheilchen von ihrer Richtung abgezogen werden, und hiernach eine Curve beschreiben, welche ohne anderweitige Einwirkungen leicht zu finden wäre. Allein die Kugel bewegt sich in der Widerstand leistenden Luft, und obgleich die Schwere dieselbe allezeit um eine Gröfse ablenkt, welche aus der bekannten Zeit ihrer Bewegung leicht mit genügender Schärfe zu bestimmen ist, es sey denn dafs ihre Fallgeschwindigkeit beträchtlich grofs wird, und die daraus entstehende Bewegung durch den Widerstand der Luft gleichfalls um eine mefsbare Gröfse sich vermindert; so ist dagegen der Widerstand der Luft gegen ihre anfängliche Richtung so grofs, dafs die Geschwindigkeit ihrer Bewegung als Folge des Beharrens dadurch in jedem Zeittheilchen um eine Gröfse abnimmt, welche an sich sehr bedeutend, wieder eine Function der Geschwindigkeit ist, wodurch die Aufgabe so verwickelt wird, dafs sie aller Bemühungen der geübtesten Geometer ungeachtet noch nicht vollständig aufgelöset ist. Zur Erleichterung der Uebersicht pflegt man das Problem zuerst so aufzulösen, dafs man auf den Widerstand der Luft keine Rücksicht nimmt, dann aber diesen zu berücksichtigen. Welches allgemeines Gesetz der Widerstand der Luft überhaupt befolge, hat man oft untersucht, und meistens das von Newton aus seinen Versuchen abgeleitete[1], wonach derselbe

die Luft schröben. S. Com. Pet. III. 156. Vergl. IV. 265. de Morla a. a.O. II. 112.

1 Princ. lib. II. prop. 40.

dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional seyn soll, bestätigt gefunden[1]. Dafs dasselbe nicht vollkommen mit der Erfahrung übereinstimme, wird der Verfolg der Untersuchung zeigen. Um das Ganze besser zu übersehen, wird es am zweckmäfsigsten seyn, die drei hauptsächlichsten Probleme der Ballistik einzeln abzuhandeln, und dabei die Bemühungen der Gelehrten, welche sich mit der Auflösung derselben vorzüglich beschäftigt haben, zugleich zu erwähnen.

1. Lothrecht geworfene Körper.

a. Im leeren Raume.

Wird ein Körper im luftleeren Raume mit einer bestimmten Geschwindigkeit lothrecht in die Höhe geworfen, so wird er diejenige Höhe erreichen, von welcher er herabfallen müfste, um diejenige Endgeschwindigkeit zu erhalten, mit welcher er als Anfangsgeschwindigkeit in die Höhe stieg, und eine Zeit zum Aufsteigen erfordern, welche derjenigen gleich ist, womit er durch denselben Raum wieder herabfällt. Man kann diesen Satz geometrisch construiren, wenn man eine lothrechte Linie in gleiche Theile theilt, welche die mit gleichbleibender Geschwindigkeit (als Folge der Trägheit) in gleichen Zeiten durchlaufenen Räume bezeichnen, und von diesen die dem freien Falle zugehörigen, wie die ungleichen Zahlen 1; 3; 5; .... wachsenden Räume abzieht. Leichter aber ist folgender analytischer Beweis[2]. Es sey die Fallhöhe in der ersten Secunde g; die durch t Secunden erlangte Geschwindigkeit v; die der Zeit t zugehörige Fallhöhe $= s$; so ist[3] $s = gt^2$; $v = 2gt$; $v^2 = 4gs$, mithin

$s = \frac{v^2}{4g}$ diejenige Höhe, aus welcher ein Körper fallen

mufs, um die Geschwindigkeit v zu erlangen. Wird nun ein Körper mit der Geschwindigkeit c in die Höhe geworfen, so wirkt die Schwere seiner lothrechten Bewegung entgegen, und er steigt mit einer gleichförmig verminderten Bewegung,

---

1 Lambert in s. Anmerk. zu d'Arcy's Versuch einer Theorie der Artillerie. Berl. 1766.

2 Bohnenberger Astr. p. 417.

3 S. *Fall der Körper*.

so dafs am Ende der Zeit t seine Geschwindigkeit $= c - 2\,g\,t$ ist. Es ist aber $t - \frac{c}{2\,g} = 0$, mithin hört seine Geschwindigkeit dann auf, wenn $t = \frac{c}{2\,g}$ wird. Dann ist aber $c^2 = 4\,g^2 t^2 = 4\,g\,s = v^2$, also derjenigen Geschwindigkeit gleich, welche er im freien Falle durch denselben Raum erhält. Indem aber $4\,g^2\,t^2 = 4\,g\,s$ ist, so ist $g\,t^2 = s$; mithin die Zeit, welche der Körper gebraucht, um die lothrechte Höhe hinaufzusteigen, derjenigen gleich, welche er gebraucht, um dieselbe Höhe herabzufallen. Nimmt man daher $g = 15$ p. F., die Anfangsgeschwindigkeit $c = 2000$ F., so würde eine mit dieser Geschwindigkeit abgeschossene Kugel 66666,6 ... F. Höhe erreichen, und im Ganzen 133,3 .., Sec. gebrauchen.

b. Im lufterfüllten Raume.

Ganz andere Resultate erhält man, wenn man den Widerstand der Luft mit berücksichtigt, durch welchen die Kugel am stärksten im Anfange und am Ende ihrer Bewegung verzögert wird. *Setzt man vorläufig mit* Newton *den* Widerstand der Luft dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional, nennt v diese Geschwindigkeit und a einen durch die Erfahrung zu findenden Coefficienten, so ist $a\,v^2$ der Widerstand der Luft. Ist dann ferner das Gewicht der Kugel p, so ist $a\,v^2 + p$ die zu überwindende Last, und da die verzögernde Kraft dem Gewichte der Kugel umgekehrt proportional ist, so wird $\frac{a\,v^2 + p}{p} = f$ die verzögernde Kraft seyn. Vergleicht man dann die Geschwindigkeit v mit derjenigen, welche ein fallender Körper durch den freien Fall in einer Secunde erhält, und nennt man x die Höhe, bis zu welcher eine Kugel steigen soll, so ist, weil der Widerstand der Bewegung entgegenwirkt,

$$-v\,dv = 2\,g\,f.\,dx = \frac{a\,v^2 + p}{p} \times 2\,g.\,dx.$$

Hieraus wird

$$dx = \frac{-p}{2g} \times \frac{v\,dv}{av^2 + p} = \frac{-p}{2ga} \times \frac{v\,dv}{v^2 + \frac{p}{a}}$$

also $x = \frac{-p}{2g}.$ log. nat. $\left(v^2 + \frac{p}{a}\right) + C.$

Wird $x = 0$ und $v = v'$ d. h. der anfänglichen Geschwindigkeit gleich, so wird $0 = \frac{-p}{4ga}.$ log. nat. $\left(v'^2 + \frac{p}{a}\right).$

Das vollständige Integral ist also

$$x = \frac{p}{4ga} \text{ log. nat. } \frac{av'^2 + p}{av^2 + p}.$$

und für $v = 0$, oder wo die Kugel ruhet

$$x = \frac{p}{4ga} \text{ log. nat. } \frac{av'^2 + p}{p}.$$

Hierbei kommt es dann darauf an, den Coefficienten a aus den Versuchen über den Widerstand der Luft zu bestimmen, wenn man ihn in Gewichten mit p vergleichbar haben will. Hutton[1] findet aus seinen Versuchen den Widerstand gegen eine Kugel von 2 Z. Durchmesser, deren Gewicht $= 1\frac{1}{8}$ Pfd. avoir du poid Gewicht ist, bei 2000 e. F. Geschwindigkeit = 102 Pfd. Um aber für a einen mittleren Werth zu erhalten, da die Geschwindigkeit durch den Widerstand sobald abnimmt, setzt er a = 51 Pfd. = der Hälfte jener Gröſse, welche nach Versuchen einer Geschwindigkeit von 1400 e. F. zugehört. Die nächst gröſsere Zahl ist 1500 e. F. welche einen Widerstand von 59 Pfd. erzeugt. Aus der Proportion

$1500^2 : v^2 = 59 : \frac{59 v^2}{1500^2}$ erhält man $a = 0{,}000026\frac{2}{9}$;

und für die angegebene Kugel, deren Gewicht $p = 1\frac{1}{8}$ Pfd. ist, für $g = 16$ e. F. $v' = 2000$ e. F. wird $x = 2930$ F.

Die verschiedenen Kugeln der Geschütze werden nach ihren Durchmessern gemessen. Nimmt man demnach den Durchmesser der eben genannten Kugel = 2 Z. als Einheit an, und berücksichtigt, daſs die Widerstand leistenden Flächen sich wie die Quadrate der Durchmesser verhalten, so

1 Tracts. III. 236.

ist für eine andere Kugel vom Durchmesser $= D$ der Widerstand $= \frac{a v^2 D^2}{4}$ und für den eben gefundenen Werth von a substituirt $= \frac{D^2 v^2}{152542}$. Es sey $\frac{1}{152542} = b$, so ist die verzögernde Kraft $= \frac{b D^2 v^2 + p}{p} = f$ und auf gleiche Weise

$$-v d v = 2 g d x \times \frac{b D^2 v^2 + p}{p}; \text{ woraus}$$

$$d x = \frac{-p}{4 g} \times \frac{v d v}{b D^2 v^2 + p} \text{ wird,}$$

wofür das vollständige Integral wie oben

$$x = \frac{p}{4 g b D^2} \log. \text{nat.} \frac{b D^2 v'^2 + p}{p} \text{ ist,}$$

wenn v' die anfängliche Geschwindigkeit bezeichnet. Nach dieser Formel erreicht eine 24 Pfünder-Kugel vom Durchmesser 5,6 Z. und 2000 F. Anfangsgeschwindigkeit eine Höhe von 6463 F.

Hutton fand indefs durch eine grofse Reihe von Versuchen[1], dafs die Rechnung mit der Erfahrung nicht übereinstimmt, wenn man den Widerstand der Luft dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzt, genauere Uebereinstimmung dagegen wurde erhalten, wenn er aufser dieser zweiten Potenz der Geschwindigkeit auch noch die erste einführte. Sind diesemnach die Bezeichnungen wie oben, und führt man statt des Coefficienten a die beiden neuen m und n ein, so wird

$$\frac{(m v^2 - n v) D^2 + p}{p} = \frac{m v^2 - n v}{p} D^2 + 1 = f$$

die verzögernde Kraft. Man erhält dann ferner, wie oben

$$-v d v = 2 g d x \left(\frac{(m v^2 - n v) D^2 + p}{p}\right)$$

und hieraus

$$d x = -\frac{p}{2 g} \times \frac{v d v}{(m v^2 - n v) D^2 + p}$$

1 S. *Widerstand der Mittel.*

$$= \frac{-p}{2\,g\,m\,D^2} \times \frac{v\,dv}{v^2 - \frac{n}{m}\,v + \frac{p}{m\,D^2}};$$

das vollständige Integral hiervon ist

$$x = \frac{p}{4\,g\,m\,D^2}\ \text{log. nat.}\ \frac{v^2 - \frac{n}{m}\,v + \frac{p}{m\,D^2}}{\frac{p}{m\,D^2}}$$

die gröfste Höhe, welche die Kugel erreicht[1]. Hutton fand aus seinen erwähnten Versuchen die Werthe für $m = 0{,}00003028$ und für $n = 0{,}007$. Berücksichtigt man nun, dafs diese Werthe für eine Kugel von 2 Z. Durchmesser gefunden wurden, $\frac{D^2}{4}$ aber das Verhältnifs der Durchmesser in Zollen ist, so wird $\frac{1}{4}\,(m\,v^2 - n\,v)\,D^2 = (0{,}000007565\,v^2 - 0{,}000175\,v)\,D^2$ der Widerstands-coefficient für jede Kugel vom Durchmesser $= D$ in englischen Zollen, welcher leicht auf jedes andere Mafs reducirt werden kann. Nimmt man dann ferner $v = 2000$ F., welches fast die gröfste Anfangsgeschwindigkeit ist, für p aber das Gewicht der eisernen Kugel, so findet man die Höhe für eine Kugel von 2 Z. Durchmesser $= 2653$ F., und für eine 24 Pfünder-Kugel, deren Durchmesser 5,6 Z. ist, die gröfste Höhe $= 5782$ F. Die Zeit, welche die erstere Kugel von $1\frac{1}{3}$ Pfd. Gewicht gebraucht, um diese Höhe zu erreichen, findet man $= 11{,}2$ Sec., für die letztere ist sie 15,2 Sec.

2. Horizontal geworfene Körper.

a. Im leeren Raume.

Diese Aufgabe ist eigentlich gar nicht statt findend, wenn man berücksichtigt, dafs der geworfene Körper, sobald er frei schwebt, der stetig wirkenden Schwere unterworfen ist, mithin sofort herabsinkt, und sich von der horizontalen Richtung entfernt. Inzwischen ergiebt sich aus dieser Betrachtung sogleich, dafs unter dem sogenannten Kernschusse kein solcher zu verstehen sey, bei welchem die Kugel eine

1 Hutton Tracts. III. 234.

horizontale Bahn durchläuft, indem dieses nur bei einem nicht schweren Körper statt finden könnte; vielmehr sinkt die Kugel allezeit herab, der Raum, durch welchen sie sich horizontal bewegt, sey auch noch so kurz, der Kernschuſs aber, bei welchem der, mit der Axe des Geschützes scheinbar parallel laufende Lichtstrahl verlängert in das Centrum der Scheibe trifft, wohin dann auch die Kugel treffen muſs, (Visirschuſs) ist ein solcher, bei welchem der Raum, um welchen die Kugel bei ihrer Bewegung herabsinkt, durch das Geschütz selbst corrigirt ist. Um dieses anschaulich zu machen, sey A das Geschütz; a b seine obere Fläche (worin Visir und Korn liegt); c das Centrum der zu treffenden Scheibe, so wird beim Zielen der verlängerte Lichtstrahl a b c in das Centrum der Scheibe treffen, die verlängerte Axe des Geschützes aber trifft in f einen über demselben liegenden Punct. Würde nun die Scheibe in die Entfernungen r, p, n, e gerückt, so müſste die Kugel um die Räume s r, q p, m n, d e herabsinken, um die Scheibe zu treffen. Indem diese Räume sich aber directe wie die Entfernungen verhalten, so trifft dieses zwar mit der gleichfolgenden Bestimmung der Kugelbahn nicht überein, allein die Abweichung ist so geringe, daſs man die Differenz fast vernachlässigen kann.

Fig. 122.

Seit Galilei weiſs man nämlich, daſs diejenige Bahn, welche eine in horizontaler Richtung geschossene Kugel beschreibt, eine Parabel ist, daſs dieses aus den Fallgesetzen nothwendig folge, geht aus einer einfachen Demonstration evident hervor. Es sey c x die Axe der Abscissen, c y die der Ordinaten. Erstere werde in die Räume = a getheilt, welche der Bewegung der Kugel in gleichen Zeittheilchen zugehören, c 1; c 2; c 3; c 4...; letztere in solche gleiche Theile, als dem Fallraume in einer, den angenommenen Zeittheilchen gleichen Zeit zugehören, so wird die Kugel im ersten Zeittheilchen den Raum c 1, im zweiten c 2 ... zu durchlaufen solicitirt werden. Indem sie aber im ersten Zeittheilchen zugleich den Raum c I lothrecht herabfällt, im zweiten aber dreimal den Raum c I; im dritten fünfmal den Raum c I, so muſs sie sich nach den Zeiten 1; 2; 3; 4;... in den Puncten d; e; f; g;... befinden, und da c I = 1; c II = 4; c III = 9; c IV = 16 ... ist, so ist $y^2 = ax$ die

Fig. 123.

Gleichung ihrer Bahn zugleich auch die Gleichung der apollonischen Parabel, mithin ihre Bahn c; d; e; f; g; ... eine gemeine Parabel. Hieraus ergiebt sich aber unmittelbar die Tiefe, bis auf welche die Geschützkugel herabsinken mufs, wenn die Zeit ihres Fluges bekannt ist, und die hiernach erforderliche Richtung des Geschützes. Es sey diesemnach Fig. 124. oc die Richtung der Axe des Geschützes von o, der Mündung desselben, bis c dem Mittelpuncte der Scheibe, ob das Stück der Parabel, welches die Kugel durchläuft, um bis in die Ebene acb durch c gelegt zu kommen, also cb die lothrechte Höhe, um welche die Kugel während ihrer horizontalen Bewegung = oc herabsinkt, so ist aoc = boc der erforderliche Elevationswinkel des Geschützes. Ist aber die Zeit, welche die Kugel erfordert, um von o bis c zu gelangen = t in Secunden, so ist gt^2 = cb der lothrechte Fallraum derselben, wenn g den Fallraum für eine Secunde bezeichnet. Gebraucht z. B. eine Kugel 1 Sec. Zeit, um das in 200 F. Entfernung befindliche Ziel zu erreichen, so ist ac = 15 F. und der hierfür erforderliche Elevationswinkel des Geschützes = 4° 18′. Flöge dagegen die Kugel in der Hälfte der Zeit bis c, so wäre fc = $\frac{1}{2}^2 \times 15$ F. = 3,75 F. und der hierzu erforderliche Elevationswinkel = 2° 9′, woraus in Beziehung auf das oben über den sogenannten Kernschufs Gesagte hervorgeht, dafs bei gleichbleibender Ladung die Kugel nicht in das Centrum der Scheibe treffen kann, wenn diese um die Hälfte ihrer anfänglichen Entfernung näher gerückt wird, vielmehr mufs jede Kugel aus einem Geschütze, bei welchem für die Weite des Kernschusses der erforderliche Elevationswinkel schon angebracht ist, bei gröfserer Entfernung der Scheibe unter das Centrum, und bei kleinerer über dasselbe treffen, wie der Unterschied der Räume de und fe anschaulich macht, es sey denn, dafs man bei jener durch verstärkte, bei dieser durch verminderte Ladung compensirte.

Man pflegt dieses Gesetz durch eine eigene Maschine, die sogenannte *parabolische Maschine* zu erläutern. Das Brett Fig. 125. ACπD wird nach einer beliebigen krummen Linie ABD ausgeschnitten, eine Rinne hineingemacht, und diese möglichst glatt gearbeitet, oder mit einer wenig Reibung ver-

ursachenden Substanz, etwa Elfenbein, ausgelegt. Läuft die Krümmung am Ende horizontal, und läfst man eine schwere Kugel in der Rinne ABD hinabrollen, so wird diese bei D eine horizontale Geschwindigkeit erhalten, welche der Fallhöhe AE zugehört. Bringt man an der Seite $D\pi$ ein anderes rechtwinkeliges Brett $D\nu\mu\pi$ an, worauf die halbe Parabel $DMm\mu$ vom Scheitel D und vom Parameter $= 4$ AE gezeichnet ist, so wird die Kugel in dieser Parabel herabfallen. Da man die Bahn der Kugel mit dem Auge leicht verfolgen, und ihr Zusammentreffen mit der gezeichneten leicht wahrnehmen kann, so ist es weniger zweckmäfsig, Ringe anzubringen, und die Kugel hindurchfallen zu lassen. Nimmt man auf der horizontalen Seite des Brettes DN; Nn; $n\nu$ gleich grofs an, so werden die lothrechten Linien NM; nm; $\nu\mu$ sich wie $1:4:9$ verhalten; und wenn $D\pi = AE$ genommen wird, so ist nach den Eigenschaften der Parabel $\pi\mu = 2\,AE$; daher werden die Abtheilungen $DN = Nn = n\nu = \frac{2}{3}\,AE$; $DP = \frac{1}{9}\,AE$, wonach eine solche Maschine leicht construirt werden kann [1]. Nimmt man zum Versuche eine Bleikugel, so kann der Widerstand der Luft vernachlässigt werden [2].

b. Im lufterfüllten Raume.

Die eben mitgetheilten Bestimmungen werden indefs sehr abgeändert durch den Widerstand der Luft. Vermöge der Voraussetzung, dafs sich die Untersuchung zunächst nur auf die horizontale Bewegung der Kugel bezieht, und den Elevationswinkel, in welchen das Geschütz gerichtet werden mufs, um einen im Horizonte befindlichen Gegenstand zu treffen, ergiebt sich leicht, dafs dieser Widerstand rücksichtlich auf die lothrechte Bewegung der Kugel oder ihren freien Fall während ihrer Bewegung nicht bedeutend seyn, und als verschwindend vernachläfsigt werden kann. Hiernach würden also die in gegebenen Zeiten parallel mit der Ordinatenaxe cy durchlaufenen Räume gleich bleiben. Desto

Fig. 123.

1 s'Gravesande Phys. Elem. math. I. Cap. 20 Tab. XIII.

2 Die gewöhnlichen, nach s'Gravesande verfertigten Maschinen sind zu niedrig. Anschaulicher wird die Sache, wenn man sie aus einer mehrere Fufs hohen und verhältnifsmäfsig breiten Bretterwand verfertigt.

gröfser aber ist der Einfluss auf die parallel mit der Abscissenaxe c x durchlaufenen Räume. Denn anstatt dafs diese der oben mitgetheilten Construction nach gleich seyn sollten, werden sie vielmehr wegen des fortdauernden Widerstandes der Luft stets abnehmen, woraus folgt, dafs hiernach die Bahn keine gemeine Parabel seyn kann. Indem aber diese Verminderungen der in gleichen Zeiten parallel mit der Abscissenaxe durchlaufenen Räume eine Function des Widerstandes der Luft ist, so käme es darauf an, diesen genau zu kennen, welches aber bisher nach dem oben Gesagten noch nicht vollständig gelungen ist. Mehrere Geometer, und unter diesen namentlich DE BORDA [1], haben Formeln angegeben, wonach die Verminderung der anfänglichen Geschwindigkeit nach einer gegebenen Weite des durchlaufenen Weges berechnet werden kann. Am schätzbarsten sind auch in dieser Hinsicht die Bemühungen HUTTONS [2], welcher aus den Resultaten der Woolwicher Versuche eine für die meisten Fälle genügende Regel abstrahirt.

Ist allgemein der Durchmesser der Kugel $= D$, ihr Gewicht $= p$, die anfängliche Geschwindigkeit $= v'$, die nach dem durchlaufenen Raume $= x$ noch vorhandene $= v$, so ist nach der oben gegebenen Formel für die Bewegung in der Widerstand leistenden Luft

$$dx = \frac{p}{2gD^2} \times - \frac{v\,dv}{mv^2 - nv}.$$

$$= \frac{p}{2gD^2} \times - \frac{dv}{mv - n} = - \frac{p}{2gD^2 m} \times - \frac{dv}{v - \frac{n}{m}}.$$

wovon das Integral

$$x = \frac{p}{2gD^2 m} \times - \text{log. nat. } v - \frac{n}{m} + C.$$

welches für $x = 0$ und $v = v'$ vollständig

---

1 Mém. de l'Ac. 1768. p. 264.

2 Tracts. III. 251.

$$x = \frac{p}{2gD^2m} \text{ log. nat. } \frac{v' - \frac{n}{m}}{v - \frac{n}{m}} \text{ giebt.}$$

Substituirt man hierin die oben angegebenen numerischen Werthe von m und n, so wird

$$x = \frac{p}{2gD^2m} \text{ log. nat. } \frac{v' - 231}{v - 231}.$$

Um den Coefficienten $\frac{p}{2gD^2m}$ auf die einzige Gröſse D zu reduciren, ist 4,3 Unzen das Gewicht eines engl. Cub. Z. Guſseisen, und hiernach $p = 0{,}5236\,D^3 \times 4{,}3 = 2{,}25148\,D^3$ oder nahe genau $= \frac{9}{4}\,D^3$, mithin in Pfunden $= \frac{9}{64}\,D^3$. Setzt man ferner g in engl. Fuſsen = 16, so ist

$$\frac{p}{2gmD^2} = 581{,}25\ D; \text{ und somit}$$

$$x = 581{,}25\ D. \text{ log. nat. } \frac{v' - 231}{v - 231} \text{ oder}$$

$$x = 1338\ D. \text{ log. vulg. } \frac{v' - 231}{v - 231}.$$

Diese Formel gilt indeſs bloſs für gröſsere Geschwindigkeiten über 200 bis 300 F., weil hierfür die Werthe von m und n gefunden sind. Für kleinere Geschwindigkeiten kann man den Widerstand füglich dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzen, müſste dann aber in der Formel für den Widerstand $= av^2$ den Coefficienten a bestimmter durch Versuche ausmitteln.

Daſs man vermittelst dieser Formel den Raum finden könne, welchen eine Kugel durchläuft, deren anfängliche Geschwindigkeit = v' und Endgeschwindigkeit = v gegeben sind, ist klar. Für den vorliegenden Zweck ist aber erforderlich, eine andere Gröſse zu kennen, nämlich die Geschwindigkeit, welche eine Kugel noch haben wird, nachdem sie mit einer bekannten Anfangsgeschwindigkeit einen gewissen Raum durchlaufen hat. Es ist aber einfach

$$s = 1338\ D.\ \log. \frac{v' - 231}{v - 231}, \text{ also}$$

$$\frac{s}{1338\,D} = \log. \frac{v' - 231}{v - 231}.$$

Hat dann z. B. eine 24 Pfünder - Kugel vom Durchmesser 5,546 engl. Z. einen Raum = 1000 Lond. F. mit einer Anfangsgeschwindigkeit = 1780 F. zurückgelegt, so ist $\frac{1000}{1338 \,.\, D}$ = 0,1347 der Logarithme von $\frac{v' - 231}{v - 231}$. Die diesem zugehörige Zahl ist 1,3635, welche N heifsen möge; und dann ist $N = \frac{v' - 231}{v - 231}$, woraus für $v' = 1780$ die Gröfse v = 1361 als Endgeschwindigkeit gefunden wird. Ist diese somit bekannt, so nimmt man näherungsweise das arithmetische Mittel zwischen dieser und der anfänglichen Geschwindigkeit als diejenige an, womit sich die Kugel gleichmäfsig bewegt, findet dann, indem man den gegebenen Raum = s durch die gefundene mittlere Geschwindigkeit dividirt, die Zeit t in Secunden nahe genau, und bestimmt hiernach die Fallhöhe des geschossenen Körpers. Zur Erläuterung diene folgendes Beispiel. Es werde eine 24 pfündige Kugel mit 6 Pfd. Pulver nach einem 1000 F. entfernten Ziele geschossen, wie viele Zeit wird sie herabsinken? Hier ist die Menge des Pulvers = $\frac{1}{4}$; mithin v' nach der oben mitgetheilten Tabelle = 1131 F.[1] = v'. Es ist ferner 1131 — 231 = 900, und mit Benützung des Werthes von N und der Formel ist $\frac{900}{1,3653} + 231 = 891 = v =$ der Endgeschwindigkeit. Es ist aber $\frac{v' + v}{2} = 1011$ d. i. die mittlere Geschwindigkeit, und $\frac{1000}{1011}$ ist nahe = 1, also 1 Secunde die Zeit der Bewegung, welcher die Fallhöhe von 16 F. Lond. Mafs oder 15 F. par. zugehört.

Hutton bringt ferner die so eben dargelegte Regel auf eine allgemeine Formel zurück. Ist zu diesem Ende in engl. Mafs

1 Nach der daselbst angegebenen Formel wäre $1600 \sqrt{\frac{12}{24}} = 1600 \sqrt{\frac{1}{2}} = 1131.$

Die gegebene Entfernung in Fuſsen . . . . s
Der Durchmesser der Kugel in Zollen . . D
Gewicht der Kugel in Pfunden . . . . . b
Gewicht des Pulvers c
Anfangsgeschwindigkeit in Fuſsen . . . . . v'
Endgeschwindigkeit v
Zeit der Bewegung der Kugel . . . . . . t

$$\text{so ist } v' = 1600 \sqrt{\frac{2c}{b}}$$

$$v = \frac{v' - 231}{N} + 231$$

$$t = \frac{2s}{v' + v} \text{ oder genauer } t = \frac{1338\,D}{231} \log.\left(\frac{v'-231}{v-231} \cdot \frac{v}{v'}\right)$$

$$gt^2 = 16t^2 = \frac{64 s^2}{(v' + v)^2}$$ die Höhe, um welche die Kugel herabsinkt,

$$\frac{gt^2}{s} = \frac{16t^2}{s} = \frac{64s}{(v' + v)^2}$$ die Tangente des Elevationswinkels des Geschützes.

Man sieht, daſs es nicht schwer seyn würde, Tabellen nach dieser Formel zum praktischen Gebrauche zu berechnen. Sie gehören indeſs in die Artillerie-Wissenschaft, und würden hier nicht an ihrer Stelle seyn.

3. In einem beliebigen Winkel mit dem Horizonte geworfene Körper.

a. Im leeren Raume.

Wird ein Körper unter einem beliebigen Winkel mit dem Horizonte geworfen, so wird er beim Aufsteigen und Herabfallen jederzeit einen Schenkel einer Parabel beschreiben, welche beide gleich und demjenigen ähnlich sind, welcher oben als die Bahn eines horizontal geworfenen Körpers nachgewiesen ist. Es sey die anfängliche Richtung der Kugel ce, der horizontale Raum, welchen sie in einem gegebenen Zeittheilchen zurücklegt c 1; der lothrechte cI. Würde sie von der Schwere nicht afficirt, so müſste sie am Ende eines jeden neuen Zeittheilchens in den Durchschnitts-

Fig. 126.

punct der Linien 1 I; 2 II .... treffen. Allein indem die Diagonale c g, welche sie im ersten Zeittheilchen durchläuft, in die horizontale c 1 und die lothrechte c I zerlegt werden kann, so wird die erstere unvermindert bleiben, die letztere aber um g α als denjenigen Theil verkürzt werden, welchen sie zugleich vermöge der Schwere herabfällt. Im zweiten Zeittheilchen müſste sie, von α ausgehend gedacht, nach eben den Grundsätzen bis β kommen, weil sie aber in diesem Zeittheilchen $3 \times g\alpha$ herabsinkt, so wird sie in γ ankommen, und wenn man auf gleiche Weise die den Zeiten 1; 2; 3... zugehörigen Fallräume = 1 : 3 : 5 .... nimmt, so wird sie durch die Räume $g\alpha$; $\beta\gamma$; $\delta\varepsilon$; $\zeta\eta$; $\vartheta\iota$; $\varkappa$d fallend gedacht, die beiden Schenkel der Parabel cεd beschreiben.

Um die einem solchen Wurfe zugehörige Höhe und Weite zu finden, dient folgende Betrachtung, welche noch auſserdem die Beschaffenheit der Bahn näher angiebt. Es sey ein Körper mit einer anfänglichen Geschwindigkeit = k in der Richtung A C geworfen, welche mit dem Horizonte den Winkel CAB = α macht, so läſst sich seine Geschwindigkeit in die horizontale AQ und die verticale QN zerlegen, wovon jene = k Cos. α; diese = k Sin. α ist. Auf jene wirkt die Schwere nicht, und es wird also nach der Zeit t

Fig. 127.

$$AQ = k \text{ Cos. } \alpha.\ t \text{ seyn;}$$

diese aber wird nach der Zeit t um g t² vermindert seyn, und es ist also

$$QM = QN = NM = k \text{ Sin. } \alpha.\ t - g t^2.$$

Für B, wo der geworfene Körper die horizontale Ebene wieder erreicht, wird QM = 0, also k Sin. α. t = g t² und $t = \frac{k \text{ Sin. } \alpha}{g}$. Soll also AQ = AB werden, so darf man diesen gefundenen Werth von t nur in den Ausdruck für AQ substituiren und erhält die *Weite des Wurfes*

$$AB = \frac{k^2 \text{ Sin. } \alpha. \text{ Cos. } \alpha}{g} = \frac{k^2 \text{ Sin. } 2\alpha}{2g}.$$

Sucht man die Stelle, wo QM ein *Gröſstes* wird, indem man dDQ = k Sin. α dt — 2gtdt = 0 setzt, so wird hieraus $t = \frac{k \text{ Sin. } \alpha}{2g}$, also halb so groſs als für die Stelle B. Die

ses in der Formel für AQ substituirt, giebt

$$AE = \frac{k^2 \text{ Sin. } \alpha. \text{ Cos. } \alpha}{2g} = \frac{k^2 \text{ Sin. } 2\alpha}{4g}$$

also halb so grofs als AB; und in der Formel für QM substituirt, erhält man die *erreichte Höhe des Wurfes:*

$$DE = \frac{k^2 \text{ Sin.}^2 \alpha}{2g} - \frac{k^2 \text{ Sin.}^2 \alpha}{4g} = \frac{k^2 \text{ Sin.}^2 \alpha}{4g}.$$

Aus diesen Gleichungen für AE und DE folgt aber $AE^2 = \frac{k^2 \text{ Cos.}^2 \alpha}{g}$. DE, dafs die Curve eine Parabel sey, welche D zum Scheitel und $\frac{k^2 \text{ Cos.}^2 \alpha}{g}$ zum Parameter hat. Die Zeit t, in welcher das Stück AM durchlaufen wird, ist $= \frac{AN}{k} = \frac{AQ. \text{ Sec. } \alpha}{k}$, also AQ direct proportional, indem die horizontale Geschwindigkeit nicht geändert wird. Die Zeit t' aber, bis der Körper in B ankommt, ist $= \frac{AB. \text{ Sec. } \alpha}{g}$ $= \frac{k \text{ Sin. } \alpha}{g}$, wie oben schon gefunden wurde. Aus den für AB (die Weite des Wurfes) und DE (die erreichte Höhe) gefundenen Werthen ergiebt sich endlich, dafs beide dem Quadrate der Anfangsgeschwindigkeit = k proportional sind. Bei gleichen Werthen für k ist aber DE oder die *Höhe* dem Quadrate des Sinus des Neigungswinkels proportional, und wird also am gröfsten seyn, wenn dieser am gröfsten wird, d. i. für einen Neigungswinkel von 90° oder beim lothrechten Schusse. Die *Weite* AE aber ist dem Sinus des doppelten Neigungswinkels proportional, verschwindet also, wenn Sin. $2\alpha = 0$ wird, d. i. für $\alpha = 0$ und $= 90°$ d. h. beim lothrechten und völlig horizontalen Wurfe würde der geworfene Körper gar keine Weite erhalten. Der erste Satz ist an sich klar, der zweite, welcher einen Widerspruch mit der Erfahrung einzuschliefsen scheint, ist daraus erklärlich, dafs von keiner Bewegung des Körpers unter der horizontalen Ebene die Rede seyn soll. Denkt man sich nun z. B. die untere Wand des horizontalen Geschützes genau in der

horizontalen Ebene (also für den Fall von Sin. $\alpha = 0$), so wird die Kugel beim Entweichen aus der Mündung diese Ebene berühren, und da sie nach den Fallgesetzen auch sogleich herabsinkt, in dieselbe einschneiden, wonach ihre horizontale Bewegung sofort $= 0$ werden muſs. Die gröſste Weite aber wird statt finden, wenn Sin. 2α ein Maximum wird, d. i. für $\alpha = 45°$, und da gleichen Werthen unter und über dieser Gröſse gleiche Werthe von Sin. 2α zugehören, so wird die Weite des Wurfes für gleiche Vermehrungen der Elevation über und unter $45°$ um gleiche Gröſsen abnehmen.

Die Formeln sind sämmtlich für den Fall bestimmt, daſs das zu treffende Object sich mit dem Geschütze in einer horizontalen Ebene befindet. Es folgt aber von selbst, daſs, wenn das Object sich um den Winkel γ über oder unter demselben befände, der dem weitesten Wurfe zugehörige Elevationswinkel im ersteren Falle $= 45° + \frac{1}{2}\gamma$, im letzteren $= 45° - \frac{1}{2}\gamma$ seyn müſste[1].

Zur Vergleichung mit den später zu findenden Werthen möge hier auch ein Beispiel in Zahlen Platz finden. Ist die Anfangsgeschwindigkeit k $= 2000$ F. der Elevationswinkel $\alpha = 45°$, so ist die erreichte Höhe DE $= \frac{4000000 \text{ Sin.}^2 \alpha}{4g}$ und für g $= 16$ Lond. F. genommen $= 31250$ F., die Weite AB aber $= \frac{4000000}{2g} = 125000$ F.

Obgleich die Formeln keine praktische Anwendung leiden, so beantwortet man aus denselben doch noch folgende zwei Fragen, nämlich zuerst, in welchem Winkel ein Geschütz geneigt seyn muſs, um bei gegebener Anfangsgeschwindigkeit ein Object in gegebener Entfernung zu erreichen; und zweitens wie groſs die Anfangsgeschwindigkeit bei einem zu treffenden Objecte von gegebener Weite und bei gegebenem Elevationswinkel des Geschützes seyn muſs.

---

1 Vergl. Simpson in Phil. Tr. XLV. 137. Guisnée über d. Bahn der Bomben in der Parabel. in Mém. de l'Ac. 1707. p. 140. Eine elegante Demonstration giebt Poisson in Traité de Méc. I. 336.

Beide Fragen werden aus der oben gegebenen Formel: $AB = \frac{k^2 \, Sin. \, 2\alpha}{2g}$ leicht beantwortet. Indem nämlich hierin AB die Weite des Wurfes, k die Geschwindigkeit und α den Neigungswinkel bezeichnet, so ist

$$Sin. \, 2\alpha = \frac{AB. \, 2g}{k^2} \text{ und}$$

$$k = \sqrt{\frac{AB. \, 2g}{Sin. \, 2\alpha}}.$$

Sollte daher ein Gegenstand in 10000 F. Entfernung mit 2000 F. Anfangsgeschwindigkeit getroffen werden, so würde ein Elevationswinkel von 2° 9′ 5″ oder von 87° 50′ 55″ erfordert werden, wenn g = 15 F. gesetzt wird. Wäre dagegen der Gegenstand in gleicher Entfernung und bei 45° Elevationswinkel zu treffen, so dürfte die Geschwindigkeit nur 547,7 F. in einer Secunde betragen.

b. Im lufterfüllten Raume.

So einfach indefs die Construction der Curve ist, welche eine Kugel im leeren Raume fliegend beschreibt, eben so unmöglich ist es, diese mit Rücksicht auf den Widerstand der Luft völlig genau zu finden, indem die hiezu erforderliche Differentialgleichung nach den jetzigen Hülfsmitteln der Analyse nicht integrabel ist[1]. Schon früh versuchten Joh. Bernoulli, Hermann und Taylor eine allgemeine Auflösung dieses Problems. Unter die gelehrten Untersuchungen gehören ferner die Anmerkungen L. Euler's zu Robins: Neue Grunds. d. Artillerie, und eine Abhandlung desselben[2], worin der Widerstand nach einem eigens angenommenen Gesetze berechnet wird. Graevenitz[3] hat hiernach Tabellen für den praktischen Gebrauch berechnet. Newton, welcher schon fand, dafs die Differentialgleichung für diese Aufgabe nicht integrabel sey, versuchte sie durch Näherung aufzulösen, und fand hierbei, dafs die Curve mehr einer Hyperbel, als einer Parabel gleicht, ein Resultat, worauf mehrere

1 Poisson Traité de Méc. I. 345.

2 Mém. de Berlin. IX. 1753.

3 Abhandlung von der Bahn der Geschützkugeln. Bützow 1764. 4.

Geometer nach ihm gleichfalls zurückgekommen sind. Auch Lambert[1] versuchte eine Auflösung dieses Problems, und suchte eine praktische Anwendung davon auf die Geschützkunst zu machen. Unter die vorzüglichsten Bemühungen um dasselbe gehören unstreitig die von de Borda[2], welcher zugleich das Gesetz des Widerstandes der Luft durch eigene Versuche auszumitteln suchte. Durch weitläuftige Rechnungen findet er für eine 24 Pfünder-Kugel vom Durchmesser 5,444 par. Z. und einen Elevationswinkel der Kanone von 45° folgende Gröſsen.

Anfangs-Geschw. par. F.	Weite im Vacuo. Toisen.	Weite in der Luft. Toisen.	Erreichte Höhe. Toisen.
100	55	53	13
200	221	192	53
400	883	573	170
600	1987	916	306
800	3532	1207	442
1000	5519	1445	570
1200	7947	1642	685
1500	12417	1899	839
1800	17881	2108	975
2100	24338	2284	1095
2400	31788	2436	1203
2700	40232	2562	1292
3000	49669	2690	1407
3500	67605	2863	1525

Bei einem Versuche mit einem 24 Pfünder und einer Ladung von 16 Pfd. Pulver und einem Elevationswinkel von 45° erreichte die Kugel eine Weite von 2250ᵗ, welches einer Anfangsgeschwindigkeit von 2038 F. nach der Tabelle zugehört. Für die Elevationswinkel, welche dem weitesten Wurfe zugehören, giebt die Rechnung folgende Werthe:

1 Mém. de Berl. 1765 u. 1773. J. H. Lambert's Anmerkungen über die Gewalt des Schieſspulvers und die Gewalt der Luft; auf Veranlassung der von den Hrn. Robins und d'Arcy darüber angestellten Versuche. Dresd. 1766. 8.

2 Mém. de l'Ac. 1769. p. 247.

Anfangsgesch. in par. F.	Elevationswinkel
300	42° 10'
600	36 30
1000	33 00
1200	31 40
1500	30 10
1800	28 50
2000	28 10

Einige von de Borda in Brest angestellte Versuche mit einem 6 Pfünder und einer Ladung von 3 Pfd. Pulver gaben bei einem Elevationswinkel von 45° eine Weite von 1590 Tois., für 30° aber 1700 Toisen. Der ersteren Weite gehört nach der Tabelle eine Anfangsgeschwindigkeit von 2050 F. zu, und wenn man für diese Anfangsgeschwindigkeit die Weite für einen Elevationswinkel von 30° sucht, so erhält man 1715 Toisen, welches mit dem Versuche über Erwartung zusammentrifft, und die Zulässigkeit der de *Borda'schen* Formeln beweiset.

Gelehrte, aber auf die Praxis nicht füglich anwendbare, und nicht ganz vollendete Untersuchungen über die Kugelbahn im widerstandleistenden Mittel hat Bezout [1] angestellt. Diese nebst den Vorarbeiten von Euler und Lambert benutzte Kraft [2], legte den Newtonschen Grundsatz eines dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionalen Widerstandes der Luft zum Grunde, entwickelte die von Bezout gefundenen und nicht weiter verfolgten Formeln, und berechnete hiernach Tabellen, welche indefs für den praktischen Gebrauch immer noch zu sehr zusammengesetzt sind, wie er selbst zugesteht.

Später veranlafste die Preisaufgabe der Berliner Akademie der Wissenschaften Legendre [3] zu einer umfassenden Untersuchung der Curve, welche ein unter einem beliebigen

1 Cours d'Artillerie. Par. 1772. Ueber die Kugelbahn a. d. Fr. des Herrn Bezout. Stuttg. 1781.

2 Acta Acad. Pet. IV. P. I. p. 154. P. II. 175.

3 Dissertation sur la question de Ballistique proposée par l'Ac. Roy. des Sciences. cet. par. M. Le Gendre. Berl. 1782.

Neigungswinkel mit dem Horizonte geworfener Körper beschreiben muſs. Für einen dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionalen Widerstand in einem Medio von gleichmäſsiger Dichtigkeit[1] fand er, daſs die Curve einer Hyperbel sehr nahe kommt, welche zwei Asymptoten hat, eine in einem gröſseren Winkel mit dem Horizonte, als der Neigungswinkel des Geschützes ist, die andere lothrecht. Der weitläuftige Calcül, wodurch die einzelnen Gröſsen gefunden werden, macht indeſs auch diese Auflösung für die praktische Anwendung unbrauchbar, wie Le Gendre selbst zugesteht[2]. Eben dieses läſst sich auch von dem Versuche sagen, die beiden Arme dieser hyperbolischen Curve, den aufsteigenden und den niedersteigenden, jeden einzeln durch Näherung zu finden, wobei es noch immer fraglich bleibt, wie weit die Resultate dieser theoretischen Untersuchung mit der, so mannigfaltigen Bedingungen unterliegenden, Erfahrung übereinstimmen würden.

Gleichzeitig hiermit bearbeitete Tempelhof[3] ausführlich die zur Ballistik gehörigen Gegenstände, und versuchte später[4] die Curve zu bestimmen, welche Kugeln und Bomben mit Rücksicht auf den Widerstand der Luft beschreiben. Kraft[5] untersuchte dieses Problem aufs Neue in der speciellen Beziehung, den Elevationswinkel des weitesten Wurfes zu finden, wobei er den Widerstand der Luft dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional setzt, für die Gröſse der Kugeln aber noch einen Coefficienten einführt, weil nach Robins der Widerstand bei kleinen Kugeln geringer als bei gröſseren gefunden sey. Die Rechnung ergiebt, daſs im leeren Raume ein Elevationswinkel $= 45°$ der gröſsten Weite zugehört, daſs aber im widerstehenden Mittel die

1 So wie die Kugel höher steigt, kommt sie in dünnere Luftschichten. Man begreift leicht, wie sehr auch dieser Umstand die Schwierigkeit der Aufgabe vermehren muſs.

2 a. a. O. p. 14.

3 Bombardier Prussien. cet. Berl. 1781. Erläuterungen von Massenbach. Halle 1781 (Letzteres macht nur die schwereren Formeln im ersteren verständlicher).

4 Mém. de Berl. 1788 -- 89.

5 Nov. Act. Pet. XI. 246.

Gröſse dieses Winkels der Anfangsgeschwindigkeit umgekehrt proportional ist, indem für eine unendliche Geschwindigkeit dieser Winkel = 0 seyn würde. Zur Construction der Tafeln für den Elevationswinkel des weitesten Wurfes wäre demnach erforderlich, das Gesetz des Widerstandes (welches nach NEWTON, ROBINS und LAMBRET dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional angenommen wird), die Anfangsgeschwindigkeit, das Gewicht und das Caliber der Kugel oder Bombe zu wissen, auch könnte aus den übrigen dieser Gröſsen und der beobachteten Weite des Wurfes die Anfangsgeschwindigkeit berechnet werden. Beiläufig ergiebt die Rechnung für einen 24 Pfd. bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 1884 F. im leeren Raume eine Wurfweite von 113583 F., in der Luft aber nur von 14603 F., letzteres der Erfahrung nach ohne Zweifel noch zu groſs.

Eine umfangende und gründliche Abhandlung über diesen Gegenstand hat MOREAU [1] geliefert. Zuerst bestimmt er durch einen eleganten Calcül die Bahn der Kugeln im leeren Raume, zeigt daſs sie eine Parabel sey, und daſs ein Elevationswinkel von 45° die gröſste Weite, gleiche Gröſsen über und unter demselben aber gleiche Verminderungen jener Weite des Wurfes geben müssen. Die allgemeinen Gleichungen für die Bahn der Kugeln mit Rücksicht auf den Widerstand der Luft findet er indeſs gleichfalls nicht integrabel, und bestimmt sie daher in ihren einzelnen Theilen durch Näherung. Zugleich bemerkt er, daſs, wenn man auch nach dieser Methode Tabellen für den praktischen Gebrauch berechnen wollte, die hierzu erforderliche Hauptgröſse, nämlich die Anfangsgeschwindigkeit durch die ungleiche Güte des Pulvers und vielfache anderweitige Einflüsse zu sehr bedingt wird, als daſs man eine sichere Bestimmung derselben erwarten könnte. Als Beispiel der Anwendung seiner Formeln, bei denen die Hypothese eines dem Quadrate der Geschwindigkeit proportionalen Widerstandes zum Grunde liegt, findet er für eine 24 Pfünder-Kugel bei einem Elevationswinkel von 45° die Höhe des Wurfes $= 1668^m,86$; die Weite desselben $= 3798^m$; die Zeitdauer des Aufsteigens $= 14'',94$;

1 Journ. de l'Ec. Polyt. Cah. II. p. 204.

des Niedersinkens = 21″,03. Im leeren Raume dagegen würde seyn: die Höhe des Wurfes 5941^m,4; die Weite 23765^m,6 und die Dauer der Bewegung 97″,7.

Bei diesen unüberwindlichen Schwierigkeiten einer vollständigen Auflösung des ballistischen Problems erhält man die besten und in praktischer Hinsicht anwendbarsten Resultate aus HUTTON's[1] Näherungsmethoden, wobei die oben erwähnten Versuche stets berücksichtigt sind. Auch dieser nimmt an, die Kugelbahn bestehe aus zwei verschiedenen hyperbolischen Schenkeln AV, VC mit ungleichen Asymptoten ED, FG, die eine mit gröfserer Neigung gegen den Horizont, als die des Geschützes ist, die andere lothrecht. Hiernach kann der, dem weitesten Wurfe zugehörige Elevationswinkel nicht = 45° seyn, sondern dieser gehört der kleinsten Geschwindigkeit und der gröfsten Kugel zu, und nimmt allmälig ab, so wie die Geschwindigkeit gröfser und die Kugel kleiner wird, indem der Widerstand der Luft diesen letzteren Gröfsen proportional wächst. Eine genaue Bestimmung des weitesten Wurfes liegt daher aufser den Grenzen der Analysis[2]. Indefs läfst sich mit Benutzung des durch NEWTON, ROBINS, EULER, ROBISON[3] u. a. Aufgefundenen wenigstens Folgendes durch Näherung bestimmen.

Fig. 128.

Zuerst läfst sich aus den Resultaten der oben erwähnten Versuche über den Widerstand, welchen eine Kugel von gegebener Gröfse bei gegebener Geschwindigkeit durch die Luft erleidet, berechnen, bei welcher, durch den Fall in der Atmosphäre erhaltenen Endgeschwindigkeit = v für 1 Secunde der Widerstand sein Maximum erreicht, und die Bewegung aus einer beschleunigten in eine gleichmäfsige verwandelt wird[4]. Heifst dann p das Gewicht der eisernen Kugel in Pfunden; D der Durchmesser derselben in Zollen; v die Endgeschwindigkeit; h die Höhe, von welcher die Kugel im leeren Raume herabgefallen seyn mufs, um diese

---

1 Tracts. III. 269.

2 Der hauptsächlichste Grund hiervon liegt in dem noch keinesweges genügend bestimmten Widerstands-Coefficienten der Luft. Vergl. HOYER zu Morla's Lehrbuch d. Artilleriewissenschaft. II. 106.

3 Encyclopaedia Brit. Art. Gunnery.

4 Vergl. oben 1. b. 2. b. und *Widerstand der Mittel.*

Geschwindigkeit zu erlangen; t endlich die Zeit des freien Falles, welche dieser Höhe zugehört, so giebt die folgende Tabelle eine Uebersicht der einander zugehörigen Werthe

p	D	v	h	t
1	1,923	247	948	7,72
2	2,423	277	1193	8,66
3	2,773	297	1371	9,28
4	3,053	311	1503	9,72
6	3,494	333	1724	10,41
9	4,000	356	1970	11,12
12	4,403	374	2174	11,69
18	5,040	400	2488	12,50
24	5,546	419	2729	13,09
32	6,106	440	3010	13,75
36	6,350	449	3134	14,03
42	6,684	461	3304	14,37
48	6,988	470	3444	14,67

Die Gröfsen p; D; h und t in dieser *Tabelle ergeben* sich von selbst. Die Gröfse v aber findet Hutton auf folgende Weise. Bei einer Kugel von 1,965 e. Z. Durchmesser wurde der Widerstandscoefficient für den Fall, wo die Geschwindigkeit ihr Maximum erreicht hatte $= 0{,}000016865$ gefunden. Setzt man nun den Widerstand dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional, so ist $0{,}000016865\, v^2 = r$. Es war aber das Gewicht dieser Kugel $= 1{,}05$ Pfd. mithin ist $v^2 = \frac{1{,}05}{0{,}000016865}$ woraus $v = 249{,}52$ gefunden wird. Indem aber die Gewichte der Kugeln wie die Cubi ihrer Durchmesser wachsen, der Widerstand aber wie die Quadrate derselben, so erhält man für eine Kugel von beliebigem Durchmesser $v = 249{,}52 \sqrt{\frac{D}{1{,}965}} = 178 \sqrt{D}$.

Um vermittelst dieser Tabelle den dem weitesten Wurfe nach Hutton's Berechnung zugehörigen Elevationswinkel und die Weite des Wurfes selbst zu finden, theilt derselbe eine andere Tabelle mit, worin $v' : v$ den Quotienten bezeichnet, welchen man erhält, wenn man die Anfangsge-

schwindigkeit durch die Endgeschwindigkeit dividirt, ang. el. den erforderlichen Elevationswinkel mit dem Horizonte, und m den zugehörigen Factor, womit die gröſste Höhe multiplicirt werden muſs, um die Weite des Wurfes zu erhalten.

v' : v	ang. el.		m
0,6910	44°	00'	0,4110
0,9445	43	15	0,6148
1,1980	42	30	0,8176
1,4515	41	45	1,0210
1,7050	41	00	1,2244
1,9585	40	15	1,4278
2,2120	39	30	1,6312
2,4655	38	45	1,8346
2,7190	38	00	2,0379
2,9725	37	15	2,2413
3,2260	36	30	2,4447
3,4795	35	45	2,6481
3,7330	35	00	2,8515
3,9865	34	15	3,0549
4,2400	33	30	3,2583
4,4935	32	45	3,4616
4,7470	32	00	3,6650
5,0000	31	15	3,8684

Bei dieser Tabelle können die zwischenliegenden Gröſsen leicht durch einfache Interpolation erhalten werden. Wie man von derselben Gebrauch machen könne, zeigt folgendes Beispiel. Will man wissen, bei welchem Elevationswinkel eine 24 pfündige Kugel mit 1640 F. = v' = der anfänglichen Geschwindigkeit die gröſste Weite erreicht, so giebt die erste Tabelle die Endgeschwindigkeit einer 24 pf. Kugel = 419 F. = v, und die nebenstehende, dieser Endgeschwindigkeit zugehörige Höhe des freien Falles = 2729 F. Beide Geschwindigkeiten in einander dividirt, giebt v' : v = 3,92 als Element, womit man in die zweite Tabelle eingeht. Die dieser nächst gleiche Zahl in derselben zeigt den Elevationswinkel = 34° 15'. Nimmt man bei der unbedeutenden Differenz diesen ohne Interpolation, so gehört ihm

der Factor 3,0549 = m zu, und 2729 × 3,0549 = 8336 F. ist die gröfste Weite des Wurfes[1].

Es ist nicht ohne Interesse, hiermit diejenigen Refultate zu vergleichen, welche nach Bezout[2] bei den Versuchen zu La Fere in den Jahren 1740 und 1771 erhalten sind. Sie wurden mit einem 24 Pfünder angestellt, dessen Kugel 5,5 Z. Durchmesser hielt, und mit 8,5 Pfd. Pulver geladen war, und gaben folgende Gröfsen.

ang. elev.	Weite in p. F.	Zeit in Sec.	ang. elev.	Weite in p. F.	Zeit in Sec.
5°	5520	7,00	40°	11706	32,80
10	7392	10,25	42	13098	34,00
15	9600	15,25	45	12348	34,00
20	10356	19,00	50	11856	36,00
25	10830	20,00	60	9986	43,50
30	10944	24,50	70	7410	46,00
35	11286	27,00	75	5394	48,75

Dafs die hierbei erhaltenen Wurfweiten ungleich gröfser sind, als die Huttonschen Berechnungen sie geben, sieht man ohne Weiteres. Noch genauer überzeugt man sich hiervon durch folgende Rechnung. Die Anfangsgeschwindigkeit der Kugel mit 8,5 Pfd. Pulver geladen, war nach der anfangs mitgetheilten Berechnungsart = 1262 par. F. oder = 1346 engl. F. = v'. Die Tabelle giebt die Endgeschwindigkeit = 419 F. = v und die nebenstehende Höhe des freien Falles = 2729 F. Der Quotient $v' : v$ giebt 3,21 und der zugehörige Elevationswinkel = 36° 15' giebt den Coefficienten m = 2,4347, mithin ist die Weite des Wurfes 6659 engl. F. nahe = 6250 par. F., mithin nur etwas über die Hälfte der erhaltenen Wurfweite. Die Ursache hiervon kann allerdings darin liegen, dafs die Elemente der

---

1 Indem es hier zunächst nur auf theoretische Betrachtungen ankommt, ist die Untersuchung der gröfsten Schufsweiten allerdings wichtig; in der Praxis dagegen gebraucht man sie ihrer Unsicherheit wegen selten, blofs um aus grofsen Entfernungen Festungen zu erreichen, oder Magazine in Brand zu schiefsen.

2 Cours d'Artillerie. Par. 1772.

letzten Tabellen, welche Hutton aus Robison entlehnt, aus Versuchen mit kleineren Kugeln genommen sind, auch können die mehrerwähnten Bedingungen, welche auf die Erfolge solcher Versuche Einfluſs haben, leicht bedeutende Abweichungen hervorbringen. Die aus den letzteren Versuchen gefundenen Weiten scheinen allerdings sehr groſs, indeſs sind doch die durch Rechnung nach den Tabellen erhaltenen Gröſsen wahrscheinlich um ein Merkliches zu klein. Zugleich aber ist auch die Anfangsgeschwindigkeit um ein sehr Bedeutendes zu geringe. Nimmt man diese = 2000 Lond F., so giebt die nämliche Rechnung einen Elevationswinkel von nahe 32° und eine Weite von 10661,5 F. welches dem Resultate des Versuches ungleich näher kommt. Mehr Uebereinstimmung geben die von Bezout erwähnten Versuche mit denjenigen Gröſsen, welche de Borda[1] nach seinen Formeln berechnet, wonach folgende Werthe einander zugehören.

Anfangs. Geschw. in p. F.	Elevat. Winkel des weitesten Wurfes		Weite des Wurfes p. F.	Weite des Wurfes bei 45°. ang. el. p. F.
600	37°	15′	6210	6120
700	36	20	7350	7188
800	35	20	8430	8190
900	34	35	9456	9108
1000	33	55	10434	9954
1100	33	20	11364	10788

Die gröſsten Weiten gaben diejenigen Versuche, welche nach d'Arcy[2] im Jahre 1740 zu Straſsburg mit einem 24 Pfünder bei einem Elevationswinkel von 45° angestellt wurden, und war dabei gewiſs nicht ohne Einfluſs, daſs man polirte Kugeln, also mit wenig Spielraum und gesiebtes Pulver gebrauchte, auch hatte man die Kanone so festgestellt, daſs sie sich gar nicht bewegen konnte. Am auffallendsten aber ist, daſs bei beiden Versuchsreihen die geringere und

1 Mém. de l. Ac. 1768. p. 268.

2 a. a. O. p. 109.

die gröfsere Menge Pulver die gröfsten Schufsweiten gaben. Man erhielt nämlich folgende *zusammengehörige* Resultate.

den 31sten August		den 1sten Sept.	
Ladungen in Pfd.	Schufsw. in Fufs.	Ladungen in Pfd.	Schufsweiten in Fufs.
8	13968	24	15000
9	14100	18	14880
10	14100	16	13800
11	12462	15	12828
12	13596	14	13680
13	14610	13	15000
14	13800	12	13440
15	14520	11	12360
16	14700	10	14700
18	13380	9	15000
24	13200	8	12300

Nach Martillière[1] giebt bei allen Calibern ein Elevationswinkel von 35° und eine Ladung von $\frac{1}{3}$ des Gewichts der Kugel die gröfste Weite, und diese beträgt bei einem 24 Pfd. 14088 p. F. die Anfangsgeschwindigkeit aber nur 642 F. welche letztere Gröfse offenbar zu klein durch Rechnung gefunden ist.

Die Schufsweiten der kleineren Gewehre, obgleich mit Bleikugeln, sind ungleich geringer, weil die Anfangsgeschwindigkeit kleiner und der Widerstand der Luft gröfser ist, Antoni's genaue Versuche, auf der Fläche des Po angestellt, ergaben im Mittel aus zwei Versuchsreihen folgende zusammengehörige Werthe[2] 1. mit einem gezogenen Carabiner von $\frac{5}{8}$ und $\frac{2}{3}$ Z. Caliber, 0,75 Unzen schweren Kugeln:

Anfangsgesch.	Elev. Winkel	Schufsweite	Berechnete im Vacuo
1160	15°,0	1596 F.	35410
	24,5	1662	53115
	45,0	1584	70821

1 a. a. O. II. 111.

2 de Morla a. a. O. II. 111.

2. mit einem Infanteriegewehre von 1 Z. Caliber, 0,7 Unzen schweren Kugeln:

Anfangs-gesch.	Elevat. Winkel	Schufs-weite	Berechnete im Vacuo
	7°,25	1680	13959
1030	15,00	2310	27918
	24,2	2364	41877
	45	2090	55836

Ueber die Schufsweiten des groben Geschützes bei *geringen Elevationen* theilt de Morla[1] viele Erfahrungen mit, unter denen diejenigen wohl die wesentlichsten sind, welche 1784 zu Barcellona aus einer Menge von Versuchen erhalten wurden. Im Mittel gaben

	24 pfünd. Kanone		16 pfünd. Kanone	
Elevat. Winkel	Ladungen	Schufsw.	Ladungen	Schufs-weiten
12,°5	16 Pfd.	9798 F.	10,3 Pfd.	8592 F.
10,0	9	7596	6,0	7572
9,0	16	7686	10,3	7572
9,0	9	7506	6	6870
6,0	12	6120	8	5646
5,0	9	5286	6	5202
3,0	12	3942	8	3912
3,0	9	3870	6	3828
0	12	348	8	318

Selten sucht man mit Kanonenkugeln eine grofse Weite durch den Bogenschufs zu erreichen, sondern meistens geschieht dieses mit Bomben, bei denen es des gröfseren Gewichtes wegen leichter ist, eine gröfsere Weite des Wurfes zu erhalten. Bei diesen kommt aber in Betrachtung, dafs sie hohl sind, und mit einer leichteren Masse gefüllt. Hutton wendet indefs die mitgetheilte Berechnungsart auch auf diese an. Behalten dann D, v und h ihre Bezeichnungen, heifst

1 Lehrbuch der Artilleriewissenschaft II. 121 ff. Die meisten Versuche findet man in Scharnhorst Handbuch der Artillerie 2 Bde. herausgegeben von Hoyer. Hann. 1817 und 1820.

ferner der Durchmesser des Mörsers D'; das Gewicht der leeren Bombe p; das Gewicht der gefüllten p'; das Gewicht einer gleich grofsen Kanonenkugel p'', so gehören folgende Werthe zusammen.

D	D'	p	p'	p''	v	h
4,53	4,6	8,3	9,0	12,75	318	1580
5,72	5,8	16,7	18,0	25,50	356	1980
7,90	8,0	43,8	47,0	67,00	420	2756
9,84	10,0	85,5	91,5	130,00	468	3422
12,80	13,0	187,8	201	286,00	534	4430

Auf welche Weise die Gröfsen in dieser Tabelle gefunden sind, ist an sich klar. Die Werthe von v aber *sind* auf folgende Weise gefunden. Das Verhältnifs einer gefüllten Bombe zu einer gleich grofsen Kugel ist 1 : 1,42. Hiernach wird aus der oben gegebenen Formel $v = 178\sqrt{D}$ für Bomben $v = 178\sqrt{\frac{D}{1,42}}$. Der Gebrauch dieser Tabelle ist wiederum nicht schwierig. Wäre z. B. eine 13 zöllige Bombe mit einer Anfangsgeschwindigkeit vor 2000 F. geworfen (welche Hutton für die gröfste erreichbare hält), so ist für diese $v = 534$; und $\frac{v'}{v} = \frac{2000}{534} = 3,746$ welche in der Tabelle einem Elevationswinkel von 35° 0' zugehört. Die nebenstehende Zahl $m = 2,8515$ *mit der in der* letzteren Tabelle unter *h* befindlichen Zahl = 4430 multiplicirt giebt 12632 F. als gröfste Weite des Wurfes.

Hutton erkennt selbst an, dafs die Franzosen namentlich bei der Belagerung von Cadix die Bomben viel weiter warfen, indem sie sich des Hülfsmittels bedienten, die Bomben mit Blei auszugiefsen, wodurch sie viel weiter als massive eiserne Kanonenkugeln geworfen werden konnten. Will man dieses Hülfsmittel auf ein allgemeines Gesetz bringen, so sei überhaupt das Gewicht der eisernen Kugel $= p$; einer Kugel von einer andern Masse $= p'$ und $\frac{p}{p'} = q$, wonach die Endgeschwindigkeit $v = 178\sqrt{\frac{D}{q}}$ wird. Dieses auf den

vorliegenden Fall angewandt, ist der Durchmesser der Höhlung einer 13zölligen Bombe = 9 Z. Eine Bleikugel von diesem Durchmesser wiegt 139,3 Pfd., dazu das Gewicht der Bombe selbst = 187,8 Pfd. zusammen 327 Pfd. = p'; das Gewicht einer gleichgroſsen eisernen Kugel = 286 = p. und $\frac{p}{p'} = 0{,}8783 = q$. Indem aber D = 12,8 Z. ist, so wird $v = 178 \sqrt{\frac{D}{q}} = 680$ und $h = \frac{680^2}{64} = 7225$ (die Fallhöhe g = 16 Lond. F. angenommen). Ist dann v' = 2000 F., so ist $\frac{v'}{v} = \frac{2000}{680} = 2{,}941$, welche Zahl in der Tabelle den Elevationswinkel = 37° 20' durch Interpolation giebt, und einem Werthe von m = 2,2153 zugehört. Es ist aber 7225 × 2,2153 = 16005 F. die gröſste Wurfweite[1].

Welche Weiten und Höhen Kugeln und Bomben, unter beliebigen Winkeln geworfen, erreichen, ist sonach bis jetzt weder durch Theorie noch durch Erfahrung genügend aufgefunden. Indeſs ergiebt sich aus beiden, daſs Kugeln von gleicher Dichtigkeit, unter dem nämlichen Elevationswinkel und bei Geschwindigkeiten, welche den Quadratwurzeln ihrer Durchmesser proportional sind, ähnliche Curven beschreiben, ein Resultat, welches auch schon de Borda fand[2]. Die Berechnung der umfassenden Woolwicher Versuche, bei einem Elevationswinkel von 45° angestellt, welcher der Theorie nach dem weitesten Wurfe zugehört, und mit einer 24 pfündigen Kugel giebt die in folgender Tabelle zusammengestellten Resultate, worin v' die Anfangsgeschwindigkeit, w die Weite des Wurfes im leeren Raume, w' in Luft von gleicher Dichtigkeit und w'' mit Rücksicht auf die nach oben abnehmende Dichtigkeit der Luft, h aber die erreichte Höhe, sämmtliche Gröſsen in Lond. Fuſsen, bedeuten.

---

1 de Morla Lehrbuch II. 151 giebt an, daſs diese durch den General Ruty geworfenen Bomben von 106 Pfd. und durch das Blei bis 181 Pfd. gebrachtem Gewichte auf 14700 bis 16740 F. getrieben wurden, wobei aber ihre Seitenabweichung 1200 bis 1800 F. betrug.

2 Mém. de l' Ac. 1768. p. 265.

v'	w	w'	w''	h
200	1245	960	990	300
400	4966	3000	3057	900
600	11193	4173	4257	1200
800	19896	5061	5157	1392
1000	31086	5520	5634	1545
1200	44766	5802	5934	1683
1400	60930	6234	6387	1818
1600	79584	6618	6792	1950
1800	100722	6978	7173	2082
2000	124350	7314	7530	2214
2200	150465	7626	7866	2334
2400	179064	7920	8178	2448
2600	210150	8202	8469	2556
2800	243723	8481	8748	2661
3000	279786	8745	9006	2766
3200	318333	8985	9258	2988

Die Anwendung dieser Tabelle ist leicht. Gesetzt es wäre die Weite des Wurfes und die Höhe einer 12 pfündigen Kugel unter dem nämlichen Winkel, nämlich von 45° Elevation über den Horizont und mit 1600 F. Aufangsgeschwindigkeit geworfen zu bestimmen, so erhält man die correspondirende Geschwindigkeit der 24 pfünd. Kugel durch folgende Proportion: Die Durchmesser beider sind 5,546 und 4,403 Z. und da die Curven ihrer Bahnen ähnlich sind, wenn die Geschwindigkeiten sich verhalten wie die Quadratwurzeln der Durchmesser, so ist $\sqrt{4,403} : \sqrt{5,546} = 1600 : x$; also $x = 1796$. Für diese Geschwindigkeit in der vorstehenden Tabelle die Weiten und Höhen durch Interpolation gesucht, giebt 7158 und 2076 F., mithin ist für die 12 pfünd. Kugel

$$5,546 : 4,403 = 7158 : 5682$$
$$5,546 : 4,403 = 2076 : 1647$$

also 5682 F. die Weite des Wurfes und 1647 F. die erreichte Höhe.

Sollen beide Gröſsen für Bomben gefunden werden, so ist zugleich das verschiedene Gewicht beider nach der angegebenen Methode zu berücksichtigen. Wären z. B. beide

Größen für eine 13 zöll. Bombe mit 2000 F. Anfangsgeschwindigkeit abgeschossen zu finden, so ist $\sqrt{12,8} : \sqrt{5,546} = 2000 : 1317$ die der 24 pfündigen Kugel zugehörige Anfangsgeschwindigkeit. Indem aber nach der oben angegebenen Regel, daſs allgemein für Körper von verschiedener Gröſse und verschiedenem Gewichte die Geschwindigkeiten im Verhältniſs von $178 \sqrt{D} : 178 \sqrt{\frac{D}{q}}$ stehen, oder wenn bloſs das geringere Gewicht der gefüllten Bomben zu gleich groſsen Kugeln $= 1 : 1,42$ zu berücksichtigen ist, allezeit im Verhältniſs von $178 : 178 \sqrt{\frac{1}{1,42}}$ d. i. von $178 : 149,4$ zu nehmen sind, so ist $1317 \times \frac{149,4}{187} = 1105$ d. i. die auf eine 24 pfünd. Kugel reducirte Geschwindigkeit. Hierzu gehören in der vorstehenden Tabelle durch Interpolation 5790 und 1617; mithin ist

$5,546 : 12,8 = 5790 : 13365$ = Weite des Wurfes;
$5,546 : 12,8 = 1617 : 3732$ = gröſste Höhe.

Zu gröſserer Vollständigkeit wäre die mühsame Arbeit erforderlich, für jeden Elevationswinkel eine ähnliche Tabelle zu berechnen, wenn man anders die vorstehende mit der Erfahrung übereinstimmend ansehen darf[1].

Zur Vergleichung können die durch Bezout angeführten Resultate der Versuche zu La Fere auch rücksichtlich auf Bomben dienen. Eine Bombe, 142 Pfd. schwer, 11 Z.

---

1 Vergl. außer den angeführten Schriften eine ziemlich vollständige Abhandlung über diesen Gegenstand mit etwas andern Zahlengröſsen von Hutton in Course of Mathematics u. s. w. Lond. 1810 — 13. III. Vol. 8. III. 268 ff. Prony Leçons de Mécanique analytique. Par. 1815. 2 Vol. 4. II. 135 — 160. Am vollständigsten durch Benutzung früherer Werke, insbesondere auch Hutton's, ist Recherches Balistiques sur les vitesses initiales, le récul, et la résistance de l'air; par L. M. Prosper Coste cet. Par. 1823. 8. mit angehängten Tabellen für den praktischen Gebrauch der Artillerie. Unter den älteren Werken ist schätzbar A. V. Papacino d'Antoni phys. math. Grundsätze der Artillerie u. s. w. Aus dem Ital. mit Anm. von G. F. Tempelhof. Berl. 1768. 8. G. Vega's pract. Anweisung zum Bombenwerfen, vermittelst dazu eingerichteter Hülfstafeln. Wien 1787.

10 L. Durchmesser haltend und mit 3,75 Pfd. Pulver geworfen, gab folgende zugehörige Werthe, wenn a. el. den Elevationswinkel, w' die Weite des Wurfes in par. Fuſs und t die Zeit des Fluges in Secunden bedeuten.

a. el.	w'	t	a. el.	w'	t
10°	1434	4,00	45°	3090	15,2
20	2484	7,33	50	2982	16,0
30	2994	10,75	60	2682	19,3
40	3408	14,66	70	1986	22,0
43	3144	14,00	75	1620	22,0

Nach de Morla[1] geben die neuesten Beobachtungen der mit den englischen Seemörsern erhaltenen gröſsten Wurfweiten folgende zusammengehörige Resultate

13 zöll. Bomben			10 zöll. Bomben		
Ladungen in Pfd.	Zeit des Fluges in Sec.	Wurfweiten in engl. Fuſs.	Ladungen in Pfd.	Zeit des Fluges in Sec.	Wurfweiten in engl. Fuſs.
10	15,0	9381	4	22,5	7650
15	19,5	9618	6	23,0	7950
20	25,0	9900	8	23,5	8400
25	26,5	10230	9	24,25	9000
28	27,5	11388	10	25,0	9600
30	29,0	12000	11	25,5	10050
30	29,5	12039	12	26	10500

Bedeutende Erweiterungen und Verbesserungen des Geschützes, namentlich des groben, sind schwerlich zu hoffen, am wenigsten von der Anwendung der Dämpfe, namentlich des Wassers, welche schon Papin und Vauban in Vorschlag brachten. Wahrscheinlich giebt es auch keine explodirende Mischung, von welcher sich gröſsere Effecte erwarten lassen, als vom Schieſspulver in derjenigen Vollkommenheit, deren dasselbe durch sorgfältige Bereitung und das gehörige Mischungsverhältniſs fähig ist. Das Einzige, und wahrscheinlich ohne unüberwindliche, selbst ohne sehr bedeutende Schwierigkeiten zu erreichende Mittel, um die Anfangsge-

1 a. a. O. II. 217.

schwindigkeit der Kugeln möglichst gleichförmig zu machen und hierdurch einer sicherern Bestimmung der Kugelbahn mindestens näher zu kommen, zugleich aber die Schufs- und Wurf-Weiten ansehnlich zu vergröfsern, liegt wohl höchst wahrscheinlich in der Anwendung des bei Jagdgewehren eingeführten Zündpulvers (Zündkrautes)[1], wodurch theils ein schnelleres und allgemeineres, von der Mitte des Schiefspulvers ausgehendes Verbrennen desselben erreicht, theils der sehr starke Verlust des Pulverdampfes durch das Zündloch vermieden werden könnte. *M.*

Barometer.

Baroskop, Luftwaage, Schweremesser, Luftschwere-Messer, Wetterglas, Torricellische Röhre; *barometrum, baroscopium, tubus Torricellianus;* Baromètre; baroscope; *Barometer;* von βάρος Schwere und μέτρον Mafs; heifst ein Schweremesser, und bezeichnet dasjenige Werkzeug, womit man den Druck der den Erdball umgebenden atmosphärischen Luft, oder der Atmosphäre mifst. Das Princip, wonach dasselbe construirt wird, ist das bekannte hydrostatische, dafs nämlich der Druck zweier Flüssigkeiten in einer communicirenden Röhre gleich ist, beide daher im Gleichgewichte sind, wenn ihre Höhen sich umgekehrt verhalten, wie ihre spec. Gewichte. Indem man daher den Druck der Atmosphäre von dem jedesmaligen Beobachtungsorte an bis an die Grenze derselben messen will, so ist hierzu erforderlich, dafs man irgend eine andere Flüssigkeit rein und ohne Beimischung von Luft in den einen Schenkel einer communicirenden Röhre bringe, in den andern aber Luft, und indem diese ohnehin den ganzen Raum über der Erde erfüllt, so kann man den ihr gehörenden Schenkel abschneiden, und willkührlich kurz machen; überhaupt ist die Form, Weite und

1 Vergl. K. Karmarsch in Jahrbücher d. k. k. polytechnischen Institutes in Wien 1824. V. 54. Daselbst ist indefs eine Mischung der Zündkügelchen aus 2 Th. Brugnatellischem Knallsilber, 6 Th. Chlorkalium, 4 Th. feinem gewaschenem Sande, 4 Th. gewöhnlichem Schiefspulver und 3 Th. Schwefelblumen, mit etwas Gummiwasser zu Kügelchen geformt, nicht angegeben.

Richtung beider Schenkel nach dem zum Grunde liegenden Principe ganz gleichgültig, wenn man nur dafür sorgt, dafs der Druck der atmosphärischen Luft die gewählte Flüssigkeit in dem einen Schenkel der communicirenden Röhre balancirt, und durch die Höhe der letzteren gemessen werden kann. Wenn man von diesem einfachen Grundsatze ausgeht, so übersieht man bald, dafs das Barometer ein vollkommenes absolutes Mefswerkzeug ist, weil es nach einem festen hydrostatischen Gesetze die gesuchte Gröfse genau angiebt; zugleich aber lernt man die vielen Unrichtigkeiten würdigen, welche die deutliche Kenntnifs seines Wesens sehr häufig zu verwirren pflegen. Wir wollen versuchen, die Theorie des Barometers und die Praxis seiner Anwendung aus diesem einfachen Grundsatze abzuleiten.

Es ist der Natur der Sache nach gleichgültig, welche Flüssigkeit man zum Messen des Luftdrucks nimmt, vorausgesetzt, dafs sich dem Wesen des Barometers zu Folge diese Flüssigkeit allein und ohne sonst etwas in dem einen Schenkel befindet. Wirklich hat man auch wiederholt sogenannte Wasserbaromer aus metallenen, vermittelst Leder zusammengeschrobenen, oben in eine Glasröhre endigenden blechenen Röhren bestehend verfertigt. Ein Werkzeug dieser Art zeigte Otto v. Guericke 1654 auf dem Reichstage in Regensburg[1], ein ähnliches gebrauchte Caspar Bertus in Rom, und brachte im oberen Raume ein Glöckchen mit einem durch einen Magnet beweglichen Hammer an, um durch das Tönen des ersteren die Theorie von der Torricellischen Leere zu widerlegen[2]; und selbst Hausen, Winkler und Ludwig stellten noch Versuche in Leipzig damit an[3]. Eben so könnte man Weingeist, Säuren u. s. w. nehmen; allein keine, bis jetzt bekannte Flüssigkeit aufser dem Quecksilber erfüllt die unnachläfsliche Bedingung bei der Construction dieses Werkzeugs, nämlich dafs sich eine Röhre mit derselben füllen und dann umkehren läfst, um durch den Gegendruck der Luft die zum Gleichgewichte mit derselben erfor-

1 G. Schott Technica curiosa cet. Norimb. 1664. 4. p. 25. 34.
2 G. Schott Mechanica hydraulico-pneumatica. Herbip. 1657. p. 308.
3 Gehler III. 45. Vergl. Kästner Anfangsgr. d. Math. V. 182.

derliche Höhe der Flüssigkeit zu erhalten, ohne dafs alsdann in den Raum über derselben andere Stoffe gelangen, welcher dem Wesen des Barometers nach ein *leerer Raum* seyn soll. Wasser, Weingeist, ätherische Oele, Säuren u. s. w. erzeugen Dämpfe, und bilden somit über der Säule der Flüssigkeit ein Medium von veränderlicher Elasticität[1], dessen Druck dem durch die atmosphärische Luft ausgeübten hinzuaddirt werden müfste, um den absoluten Druck der letzteren zu erhalten. Ist z. B. die Elasticität des Wasserdampfes bei 15° C. = 0,555 p. Z. Quecksilberhöhe, so würde das Wasserbarometer = 0,555 × 13,6 Z. = 7,548 Z. bei dieser Temperatur niedriger stehen, und diese Gröfse müfste auch bei vollkommen luftleerem Wasser zur Höhe der Säule desselben hinzuaddirt werden, um eine der Quecksilbersäule äquivalente zu erhalten[2]. Die fetten Oele enthalten, so lange sie frisch und dünnflüssig sind, Wasser, welches verdampft, und wenn sie dickflüssiger werden, fehlt ihnen schon hierdurch das wesentliche Erfordernifs der Flüssigkeit, wozu noch ein störendes Ankleben an die Wände der Röhren kommt. Abgesehen daher davon, dafs das Quecksilber eine kürzere, seinem spec. Gew. umgekehrt proportionale, und somit viel leichter zu beobachtende Säule bildet, erfüllt es allein die zum Wesen des Barometers erforderliche Bedingung bis auf die verschwindende Kleinigkeit einer aus der Capillardepression und der noch unbestimmten Elasticität der im Vacuo gebildeten Quecksilberdämpfe entstehenden Abweichung, wird daher ausschliefslich zu derselben genommen, und es ist demnach bei den folgenden Untersuchungen blofs vom *Quecksilberbarometer* die Rede.

Ein zweites, gleichfalls im Wesen des Barometers gegründetes Erfordernifs ist, dafs man die ganze lothrechte Länge der Quecksilbersäule von ihrem unteren bis zum oberen Niveau nach einem genauen, bestimmten und gangbaren Längenmafse messe, welche Messung um so viel besser seyn wird, je feinere Theile des gebrauchten Mafses man mit Ge-

---

1 S. *Dämpfe*. Vergl. Hildebrandt bei Gehlen IX. 541. das Wasserbarometer betreffend; bei Schweigg. I. 41. das Oelbarometer betreffend.

2 Vergl. Gilbert Ann. XV. 57.

nauigkeit anzugeben vermag. Ohne schon hier zu bestimmen, auf welche verschiedene Weise man dieses zu bewerkstelligen versucht habe, möge es vorläufig genügen zu bemerken, daſs jedes Längenmaſs hierbei angewendet werden kann, vorausgesetzt, daſs die relative Gröſse desselben genau bestimmt und hierdurch mit andern vergleichbar ist, daſs aber alle willkührlichen Maſsbestimmungen z. B. Abtheilungen in Grade, oder die gangbaren Bezeichnungen von schön, beständig, veränderlich und dgl. mehr, welche sich auf die *Wetterveränderungen* beziehen, mit dem Wesen des Barometers im Widerspruche stehen, und bloſs durch die Unbekanntschaft der ungebildeten Menge mit einem so allgemein verbreiteten Apparate sich fortwährend im Ansehen erhalten.

Man erklärte seit Aristoteles alle Erscheinungen der Saugpumpen[1] und die mannigfaltig veränderten Anwendungen des Hebers[2] aus einem Abscheu der Natur gegen den leeren Raum, eine scholastische sogenannte qualitas occulta (*horror vacui*), und dieser Irrthum konnte sich um so leichter erhalten, da alle Wasserleitungen der Römer, ihrer Pracht und Kostbarkeit ungeachtet, einfache geneigte Ebenen waren, bei denen die hydrostatischen und hydraulischen Gesetze kaum in Betrachtung kamen. Als indeſs ein Gärtner in Florenz eine sehr genau gearbeitete Wasserpumpe über 40 Palmen hoch gemacht hatte, und das Wasser in derselben des leeren Raumes ungeachtet nicht über 18 Ellen oder 32 par. F. steigen wollte[3], glaubte Galilei, dem dieses Problem vorgelegt wurde, der Abscheu der Natur gegen den leeren Raum habe seine Grenzen, und wollte hieraus die verschiedene Stärke der Cohäsion erklären, obgleich ihm die Schwere der Luft bekannt war, welche er für 400mal leichter als das Wasser hielt[4]. Sein Schüler und Nach-

1 Aristot. Phys. L. IV. cap. 6.

2 Heronis Alex. Spirit. Par. 1593. fol. Amst. 1680. 4.

3 Ren. Cartesii Epistolae Amst. 1682. III. Vol. 4. II. 91; 94; 96. III. 102.

4 Galilei Discorsi e Demonstrazione matematiche intorno a due nuove science. Leid. 1638. Biot Traité I. 69. glaubt, Galilei habe die Sache richtig eingesehen, und sich nur über die Brunnenmeister lustig machen

folger, EVANGELISTA TORRICELLI, setzte die Untersuchungen weiter fort, und um auf eine schon vorher durch Galilei angegebene Weise einen leeren Raum zu erhalten, füllte er eine am oberen Ende zugeschmolzene Glasröhre anstatt mit Wasser mit Quecksilber, verschlofs das offene Ende mit dem Finger, drehete sie dann um, indem er das offene Ende in ein Gefäfs mit Quecksilber senkte, und wurde auf diese Weise 1643 Erfinder der nach ihm benannten *Torricellischen Röhre* und *Leere*. Die Bemerkung, dafs die Länge der Quecksilbersäule bei diesem Versuche mit dem spec. Gew. des Quecksilbers multiplicirt gerade die Höhe gab, bis zu welcher das Wasser in der Saugpumpe gestiegen war, führte ihn auf den richtigen Schlufs, dafs ein dem jederzeitigen Drucke der Flüssigkeit proportionaler Gegendruck der Luft der Grund dieser Erscheinung sey. Er theilte seine Ansichten dem P. MERSENNE mit, durch welchen sie PASCAL und CARTESIUS kennen lernte, und obgleich ersterer noch die Lehre von einem horror vacui vertheidigte[1], so wurde er doch vermuthlich durch letzteren in dieser Ansicht wankend gemacht, und hatte den glücklichen Gedanken, dafs der Streit durch ein sicheres Experiment leicht entschieden werden könne. Ist nämlich die Erscheinung der torricellischen Röhre eine Folge des statischen Druckes der atmosphärischen Luft, so mufs die Quecksilbersäule kürzer werden, sobald man sich durch Aufsteigen auf einen hohen

---

wollen. Allein dazu war der Gegenstand zu ernsthaft, und aufserdem beweisen die beiden, zuletzt angeführten Werke das Gegentheil. Vergl. *Montucla* Hist. des Math. II. 203. Dafs übrigens Galilei die Luft für schwer hielt, ist nicht zu verwundern, indem diese Behauptung vom Aristoteles herrührte (S. *Luft*), auch scheint es, als wenn er beim Aufsteigen des Wassers in der Saugpumpe allerdings an den Luftdruck dachte. Er giebt auch das Wasserbarometer als das geeignete Werkzeug an, um dieses zu zeigen, hält aber die Sache an sich für so klar, dafs es eines solchen Beweises nicht bedürfe. Wahrscheinlich wurde er zu dieser Ueberzeugung durch das Nachdenken über das erwähnte Phänomen geführt, konnte aber wegen der Unbehülflichkeit des Wasserbarometers die Sache weder sich noch andern anschaulich machen, und dieses geschah erst durch Torricelli, welcher also den Versuch ohne Zweifel nicht vom Honoratus Fabri entlehnte. S. Schott Techn. Cur. III. am Ende.

1 Experiences nouvelles touchans le vuide. Par. 1615.

Berg der Grenze der Luft mehr nähert, oder die auf den andern Schenkel drückende Luftsäule verkürzt. Diesemnach veranlaſste er 1648 seinen Schwager Perrier zu Clermont in Auvergne, ein Barometer auf den etwa 500t hohen Puy de Dome zu *tragen*, welcher denn allerdings fand, daſs die Quecksilbersäule dort gegen 3 Z. kürzer war, und hiermit den *ersten rohen Versuch* einer barometrischen Höhenmessung anstellte. Pascal wiederholte den Versuch im Kleinen, indem er mit einem Barometer den Thurm der Kirche St. Jacques bestieg, und die Quecksilbersäule um einige Linien sich *verkürzen* sah[1], und überzeugte sich hierdurch vollständig von der Richtigkeit der Torricellischen Erklärung, desgleichen auch dadurch, daſs die Quecksilbersäule in der Röhre sich verkürzte, wenn er das Gefäſs, *worin sie eingesenkt* war, verschloſs, und die Luft in demselben durch Saugen verdünnte. Torricelli starb 1647 und erlebte daher den Ausgang dieser Untersuchungen nicht, auch erschien das classische Werk, worin Pascal die ganze *Theorie vom* Drucke der atmosphärischen Luft wissenschaftlich entwikkelte[2], erst nach dem Tode des letzteren, welcher am 19. Aug. 1662 erfolgte[3]. Bis dahin hatte man sonst noch die Theorie von einem horror vacui zu erhalten gestrebt[4], allein der torricellische Versuch wurde bald sehr allgemein nachgemacht, z. B. 1653 durch Dr. Power in England und 1661 durch Sinclair, Prof. in Glasgow[5], früher schon durch Pec-

1 Montucla Hist. des Math. II. 205.

2 Traité de l'Équilibre des Liqueurs et de la Pesanteur de la Masse de l'air. Par. 1663. 12.

3 Vergl. la Hire in Hist. de l'Acad. 1706. Cartesius behauptete später, daſs er die Idee des Versuches, das Barometer auf einen Berg zu tragen, dem Pascal ein Jahr vor der Ausführung angegeben habe. Allein der Brief, worin er dieses erwähnt, ist vom 11. Jun. 1649. Renat. Cartesii Ep. III. ep. 67. Ueberhaupt suchte Cartesius sich später das Ansehen zu geben, als habe er schon vor Torricelli das dem Galilei vorgelegte Problem richtig erklärt, was aber bei den lange dauernden Verhandlungen darüber durchaus unwahrscheinlich ist. R. Cart. Ep. III. 102. II. 91; 94; 96. Montucla Hist. II. 205.

4 Schott Mechanica hydraulicopneumatica. Herbip. 1657. 4.

5 Ars nova et magna gravitatis et levitatis. cet. Roterod. 1669. 4. Von ihm erhielt das Werkzeug den Namen Baroskop.

KET und die Mitglieder der Akademie del Cimento[1], so wie durch viele andere. Die eigentliche Bestimmung desselben wurde erkannt, als PASCAL den bekannten Versuch durch PERRIER hatte anstellen lassen, die erhaltenen Resultate bekannt machte, und hierdurch die Theorie desselben begründete. Von dieser Zeit an darf man die Einführung desselben als physikalischen Apparat datiren.

Um zu beweisen, daſs die Erscheinungen am Barometer Wirkungen des Luftdrucks sind, erdachte AUZOUT einen sehr sinnreichen Apparat[2]. Das luftdichte Gefäſs e g h c ist mit den beiden Glasröhren a b, c d versehen, und ganz mit Quecksilber gefüllt. Beide Röhren sind über 29 Z. lang, und die eine ist bei d verschlossen. Kehrt man den Apparat um, so daſs er in die Lage kömmt, wie die Zeichnung sie darstellt, und das offene Ende im Quecksilbergefäſse o p steht, so wird das Quecksilber bis zur Höhe von 28 Z., also bis m n im Gefäſse, in der obern Röhre aber ganz herabsinken. Wird dann in das Gefäſs bei g ein kleines Loch gemacht, so daſs Luft eindringt, so steigt sogleich das Quecksilber in der oberen Röhre bis i, und fällt aus der unteren ganz herab, so daſs man also den Luftdruck als eigentliche Ursache des Barometers sichtbar wahrnimmt.

Fig. 129.

Das Barometer wird zu so mannigfaltigen Zwecken, insbesondere aber als Beobachtungswerkzeug für die Meteorognosie von so vielen Personen gebraucht, daſs hieraus wahrhaft zahllose Vorschläge zur Construction desselben entstanden sind, welche sämmtlich aufzuführen, zweckwidrig seyn würde, und es mag daher genügen, die vorzüglichsten derselben nahmhaft zu machen, und ihre Brauchbarkeit anzudeuten. Zur leichteren Uebersicht kann man dieselben auch nach ihren Bestimmungen classificiren, indem sie entweder zu *Wetterbeobachtungen* dienen sollen, oder zu *Höhenmessungen*, oder auf Schiffen zur *Vorausbestimmung der Stürme*,

1 Musschenbroek Tentam. Experim. cet. p. 49. Valerianus Magnus in Warschau will der Erfinder dieses Versuches seyn, lernte ihn aber ohne Zweifel in Rom kennen. S. Robison System cet. III. 533.

2 System of Mechanical Philos. by J. Robison, with Notes by D. Brewster. Edinb. IV. Vol. 8. III. 538.

und, obwohl ihrem Wesen nach nicht verschieden, doch für den näheren Zweck besonders construirt zu werden pflegen.

Fig. 130. Das einfachste Barometer ist die ursprünglich von Torricelli gebrauchte, und nach ihm benannte Röhre mit Quecksilber gefüllt, und in einem Gefäſs mit Quecksilber umgekehrt. Zu demselben wird viel Quecksilber erfordert, es ist unbequem zu transportiren, das Quecksilber im offenen Gefäſse wird nach hinzugekommener Feuchtigkeit leicht oxydirt und mit einer Menge Staub bedeckt. Will man dasselbe aber nicht transportiren, und kann man das Gefäſs durch Ueberbinden eines feinen Leders gegen Feuchtigkeit und Staub sichern, so bleibt diese Einrichtung eine der vorzüglichern. Nach der richtigen Theorie muſste man bald darauf verfallen, die Röhre heberförmig umzubiegen, eine neuerdings insbesondere durch DE LÜC sehr empfohlene Einrichtung, welche ganz dem Wesen des Werkzeugs entspricht. Weil aber die Veränderung der Länge der Quecksilbersäule, wenn man den längeren Schenkel allein beobachtet, nur die Hälfte der ganzen Verlängerung oder Verkürzung derselben durch den veränderten Luftdruck beträgt, die Beobachtung beider Schenkel aber mühsam ist, und man für Wetterbeobachtungen vorzüglich groſse Unterschiede der Barometerstände zu haben wünschte, so änderte man die ursprüngliche Einrichtung dahin ab, daſs man das Quecksilbergefäſs an die Röhre ankittete, oder die Röhre heberförmig umbog, und an dieselbe eine Kugel oder Flasche statt des Gefäſses anschmolz. Hieraus erwuchs der Vortheil, daſs man das ganze Barometer auf ein Brett befestigen, auf dieses eine Scale auftragen, und das Ganze leichter transportiren konnte, weswegen diese Einrichtung auch noch jetzt bei den gewöhnlichen, zu oberflächlichen Wetterbeobachtungen dienenden Barometern die gemeinste und auch bequemste ist. Man nennt sie *Gefäſsbarometer*, *Kapselbarometer*, *Flaschenbarometer*. Zur bestimmteren Bezeichnung werden wir das erstere *Gefäſsbarometer*, das letztere *Flaschenbarometer* nennen.

(Randnotizen: Fig. 131. — Fig. 132. — Fig. 133.)

Das Bestreben, die geringen Veränderungen der Länge der Quecksilbersäule im vergröſserten Maſsstabe zu messen,

veranlaſste verschiedene Abänderungen. Am ältesten unter diesen ist der Vorschlag des CARTESIUS[1], am oberen Ende des Barometers die Röhre zu erweitern, und an diese Erweiterung eine noch engere Röhre zu schmelzen, dann aber den Raum lJ über dem Quecksilber mit einer gefärbten Flüssigkeit, Wasser oder Weingeist, anzufüllen, damit diese bei Veränderung des Quecksilberstandes in der Erweiterung einen so viel gröſseren Raum in der engeren Röhre durchliefe, je ungleicher das Verhältniſs ihrer Durchmesser wäre. Es bedarf indeſs bloſs der Bemerkung, daſs diese Einrichtung dem Wesen des Barometers geradezu widerspricht, auch bemerkte dieses schon HUYGENS[2], und construirte nach einer ähnlichen Theorie das nach ihm benannte Huygenssche Doppelbarometer. Soll dasselbe genau seyn, so wird hierzu die Gleichheit der beiden Erweiterungen s und s' erfordert, und die Länge der Abtheilungen, welche die in der engen Röhre f befindliche Flüssigkeit durchläuft, ist dem Quadrate ihres Durchmessers, dividirt in das Quadrat des Durchmessers der Erweiterung s' proportional. Könnte man den Druck der leichteren Flüssigkeit auf das Quecksilber im Gefäſse s', und somit auch den Einfluſs desselben auf die Länge der Quecksilbersäule vernachlässigen, so wäre, wenn die Veränderung der letzteren Δ; die der Flüssigkeit im engeren Schenkel Δ'; der Durchmesser des letzteren d; des Gefäſses D gesetzt wird, $\Delta' = \Delta \frac{D^2}{d^2}$. Man muſs indeſs nicht bloſs diesen veränderlichen Druck der leichteren Flüssigkeit in der engeren Röhre f, sondern auch die ungleiche Ausdehnung dieser und des Quecksilbers durch die Wärme berücksichtigen. Mehrere Gelehrte haben Formeln für diese Correctionen angegeben, z. B. HUYGENS[3], DESAGULIERS[4], DE LA

Fig. 134.

Fig. 135.

---

1 Pascal Traité de l'équilibre. Par. 1663. p. 207.

2 Mém. de l'Ac. X. 375. Journ. des Savans 1672. p. 139. Vergl. la Hire in Mém. de l'Ac. 1708. p. 154. Hugenii opp. var. ed. s'Gravesande. L. B. 1724. 4. I. 277. Pfleiderer Thesium inaug. pars mathem. phys. Tub. 1789. 4. Thes. XIX.

3 a. a. O. p. 278.

4 Cours de Phys. II. lect. X. annot. 4. p. 398.

Hire[1] und Gehler[2]. Am gründlichsten ist aber diese Untersuchung angestellt, und das ganze Barometer geprüft durch G. G. Schmidt[3]. Es sey daher nach diesem das Verhältnifs der Querschnitte der Cylinder s und s' zur Röhre f $= m^2 : 1$; das Verhältnifs des spec. Gew. von Quecksilber zur Flüssigkeit in der Röhre f sey $= p : q$; die Länge der Quecksilbersäule vom Niveau des Cylinders s bis zu dem des Cylinders s' sey $= b$; die Veränderung des Barometerstandes $= d\beta$; die Veränderung des Standes der Flüssigkeit in der engeren Röhre $= dy$, so ist $d\beta = db + dy\frac{q}{p}$ und $m^2 \frac{1}{2} db = dy$ oder $db = \frac{2dy}{m^2}$; folglich $d\beta = \frac{2}{m^2}dy + \frac{q}{p}dy$, also

$$\text{I. } dy = \frac{d\beta}{\frac{2}{m^2} + \frac{q}{p}}$$

$$\text{II. } d\beta = \left(\frac{2}{m^2} + \frac{q}{p}\right)dy.$$

Ist hierin m^2, p und q bekannt, so läfst sich leicht aus der Scale des einfachen Barometers die des doppelten nach I verzeichnen, und fände man diese Bestimmungen zu schwierig, so liefse sich die Scale auch empirisch aus einigen sehr genauen Beobachtungen finden, indem aus der Gleichung folgt, dafs bei unveränderten Gröfsen m^2, p und q sich dy wie $d\beta$ verhält, folglich die Scale des doppelten Barometers gleiche Theile bekommt. Ferner werden die Werthe von dy für einerlei $d\beta$ desto gröfser, je kleiner $\frac{2}{m^2} + \frac{q}{p}$ ist, und wäre $\frac{2}{m^2} = 0$ oder $m^2 = \infty$, so wäre $dy = d\beta\frac{p}{q}$.

1 Mém. de l'Ac. 1708. p. 158.

2 de Lüc Unters. üb. d. Atm. d. Ueb. I. 24 — 26.

3 G. XIV. 199.

Der Einfluſs der Wärme des Quecksilbers und Weingeistes auf die Höhe des letzteren ist an sich unbedeutend, wird so viel geringer, je enger die Röhre f gegen den Cylinder s' ist, und würde ganz wegfallen, wenn man eine Flüssigkeit von gleicher Ausdehnung nähme, als die des Quecksilbers. Schmidt hat gezeigt, wie man sie corrigiren kann, allein es würde aus den angegebenen Gründen überflüssig seyn, dieses hier zu wiederholen um so mehr als bis jetzt dieses Barometer nur noch zu meteorologischen Beobachtungen geeignet ist, mithin in der Regel im Zimmer hängt, wo sich die Temperatur nicht bedeutend ändert.

Huygens schlug vor, auf das Quecksilber gefärbten Weingeist zu gieſsen, oder weil dieser leicht verdunstet, und durch Wärme sehr ausgedehnt wird, noch besser gefärbtes Wasser mit etwa $\frac{1}{8}$ Scheidewasser gemischt. Den Einfluſs der Wärme hat man als eine vorzügliche Einwendung gegen den Gebrauch dieses Barometers vorgebracht, aber mit Unrecht. Um gegen die Verdunstung des Weingeistes zu sichern, hat man vorgeschlagen, eine dünne Schicht Oel über den Weingeist zu bringen, welche aber wegen unvermeidlicher Verdickung und Adhäsion, auch Beschmutzung des Glases überwiegenden Nachtheil bringen würde. Die Verdunstung ist in einer so engen Röhre an sich nicht stark, und kann durch Verschlieſsung der Oeffnung mit einer kleinen durchlöcherten, in eine feine Spitze auslaufenden Kugel leicht vermieden werden. Der Einwurf, welchen man aus der Adhäsion des Weingeistes an den Wänden des Glases hergenommen hat, ist der Erfahrung zu Folge durchaus unbegründet, und eben so wenig findet eine Beschmutzung der Röhre statt. Indem nun dieses Barometer nach dem Zeugnisse G. G. Schmidt's [1] so empfindlich ist, daſs es bei jedem heftigen Windstoſse schwankt, so verdient es als meteorologisches Werkzeug insbesondere zur Beobachtung der Luftschwankungen weit mehr beachtet zu werden, als bisher der Fall war.

Fig. 136.

Man verfertigt dasselbe am besten aus einer gewöhnlichen, etwa 1,5 Lin. weiten Barometerröhre, die Cylinder s

1 G. XIV. 213.

und s′ im Mittel 6 Lin., die Röhre f höchstens 0,5 Lin. weit, und giefst, nachdem das Barometer vorher gehörig ausgekocht und der mittlere Stand so hergestellt ist, dafs das Quecksilber im kürzeren Schenkel genau die Mitte des Cylinders s′ erreicht, Weingeist mit Orseille oder Cochenille gefärbt, darauf, befestigt das so vollendete Barometer auf einem geeigneten Brette, zeichnet die Scale darauf, und giebt dann dem Ganzen einen festen Platz an einer Wand, welche gegen die gerade auffallenden Sonnenstrahlen geschützt ist. Da die Scale nach der Formel I gezeichnet werden mufs, so ist es erforderlich, das die bei jedem Individuo verschiedenen Gröfsen m^2 und q bekannt sind. Findet man die Construction der Scale nach dieser Formel zu schwierig, so läfst sich dieselbe auch aus zwei genau beobachteten, etwa 1 Z. verschiedenen Ständen eines guten Barometers empirisch verfertigen. Als Beispiel möge indefs folgende Rechnung dienen, worin die Werthe von m^2 und q im Mittel nahe genau genommen *sind*. Es sey der Durchmesser des Cylinders = 6 L. der engen Röhre f = 0,5 Lin. das spec. Gew. des Quecksilbers p = 13,5 des gefärbten Weingeistes q = 0,907, die Veränderung des Barometers $d\beta = 1$ Z., so ist nach der Formel I die Veränderung des Doppelbarometers, und somit auch die Länge der, einem Zoll Differenz des Barometerstandes zugehörigen Scale:

$$dy = \frac{1}{\frac{2 \cdot 0{,}5^2}{6^2} + \frac{0{,}907}{13{,}5}} = 12{,}3344\ldots$$

oder aber, es werden $12\frac{1}{3}$ Zoll der Scale des Doppelbarometers einem Zolle der eigentlichen Scale correspondiren. Gesetzt es verdunstete von der Spiritussäule 1 Z., so wird bei einem spec. Gew. des Quecksilbers gegen denselben nahe 15 : 1 die Quecksilbersäule um $\frac{1}{15}$ Z. weniger gedrückt, und die Spiritussäule hiernach um $\frac{12{,}3}{15}$ wieder gehoben. Die entstandene Differenz beträgt also nur $\frac{2{,}6}{15}$, also nach der Scale des gemeinen Barometers $\frac{2{,}6}{15} \times \frac{1}{12{,}3}$ Z. d. i. 0,17

Lin., welches, an sich unbedeutend für Witterungsbeobachtungen, durch Nachsehen und wiederholtes Reguliren nach einem genauen Barometer, noch besser aber durch die oben angegebene Vorrichtung eines oben eingesetzten Kügelchens mit einer feinen Spitze und einem sehr kleinen Löchelchen vermieden werden kann. Bei einem hiernach also sehr nützlichen Apparate ist indefs ein Umstand wohl zu berücksichtigen. Man mufs nämlich denselben vor Bewegung in so weit hüten, dafs von dem im Gefäfse s' befindlichen Spiritus nicht etwas in die mit Quecksilber gefüllte Röhre dringe, weil dieser sonst in den leeren Raum aufsteigen, und das Werkzeug ganz unbrauchbar machen könnte, auch ist seiner grofsen Empfindlichkeit wegen nöthig, dafs es vorzüglich gutausgekocht sey.

Dr. Hooke[1] wollte dieses Barometer dadurch verbessern, dafs er vorschlug, auf die leichtere Flüssigkeit eine andere an Farbe verschiedene, von möglichst gleichem spec. Gew. als das des Weingeistes zu giefsen, welche in einem am Ende der Röhre f angebrachten gleich grofsen Cylinder, als s und s' endigen sollte, und dann die Barometerveränderungen an der Grenze beider leichteren Flüssigkeiten zu beobachten. Hierdurch sollte die Reibung der Flüssigkeit an den Wänden der Röhre stets gleich stark seyn. Es ist indefs oben schon angegeben, dafs diese Reibung (vielmehr Adhäsion) nicht bedeutend ist, aufserdem aber würde es schwer werden, zwei geeignete Flüssigkeiten ohne begleitende neue Hindernisse zu finden, die Verdunstung würde, wenn der obere Cylinder über f offen wäre, beträchtlicher seyn, die Berechnung der Scale aber leichter, wenn beide Flüssigkeiten gleich schwer wären, und das Gefäfs s' mit dem über f befindlichen gleichen Durchmesser hätte. In diesem Falle wäre nämlich der Druck der leichteren Flüssigkeit gegen die Quecksilbersäule eine unveränderliche Gröfse, und da beim Heberbarometer das Quecksilber nur um die Hälfte der wirklichen Verlängerung der ganzen Quecksilbersäule steigt und fällt, so würden n Zoll der gemeinen Scale $= n \frac{D^2}{2\,d^2}$ bei der

1 Phil. Tr. N. 185. Philos. and exper. observations of Dr. Hooke p. 170. de la Hire a. a. O. Musschenbroek Intent. II. §. 2081. Pfleiderer a. a. O. Tub. 1790. Thes. XXXII.

des doppelten Barometers seyn. Eine nicht zweckmäfsige Abänderung dieses Barometers, welche Rowning[1] vorgeschlagen hat, verdient blofs beiläufig erwähnt zu werden. Fig. 137. Hiernach ist die Röhre GE mit der leichteren Flüssigkeit, wozu er Wasser vorschlägt, nicht aufwärts stehend, sondern herabgebogen. Man sieht aber bald, dafs hierdurch die Länge des Werkzeuges unnöthig vergröfsert wird, und aufserdem entsteht der Nachtheil, dafs sehr leicht etwas von der leichteren Flüssigkeit hängen bleibt und herabfliefst.

Von Hooke[2] ist auch das nach ihm benannte Radbarometer (*wheel barometer*, barometrum cyclicum) Fig. 138. beschrieben, welches man noch jetzt häufig, und nicht selten mit bedeutendem Luxus ausgeführt findet. Am zweckmäfsigsten wird dasselbe so construirt, wie das eben beschriebene Doppelbarometer, nämlich aus zwei weiteren Cylindern durch eine gewöhnliche Barometerröhre verbunden. Auf dem Quecksilber im Cylinder des kürzeren Schenkels schwimmt ein elfenbeinenes, steinernes oder eisernes Gewicht mit einem Faden, welcher um eine Welle des Zeigers geschlungen, und durch ein Gegengewicht balancirt ist. So wie das Barometer steigt oder fällt, sinkt das auf ihm schwimmende Gewicht, und treibt durch den Faden vermittelst der Welle den Zeiger herum, welcher die Zolle und Linien auf einem Zifferblatte anzeigt. Gewöhnlich läfst man das ganze Werkzeug in die Wand ein, so dafs blofs das Zifferblatt mit dem Zeiger sichtbar ist. Der Apparat ist empfindlich genug, kann indefs blofs nach einem richtigen Barometer empirisch regulirt werden, und ist rücksichtlich des Fadens und des Gewichtes, wenn es nicht von Eisen ist, dem Einflusse der Feuchtigkeit, wenn letzteres von Eisen ist, dem Rosten unterworfen. Aufserdem mufs der Zeiger genau balancirt seyn, damit sein eigenes Gewicht in verschiedenen Stellungen ohne Einflufs bleibt, so wie endlich auch die Reibung seiner Zapfen möglichst geringe seyn mufs. Dafs Hooke am Ende des längeren Schenkels eine Kugel anbrachte, war ganz ohne Nutzen, und ist von dem späteren Verbesserer des

---

1 Phil. Trans. N. 427.
2 Micrographia. Tab. XXXVII. Fig. 4. Phil. Tr. I. 218.

Werkzeuges, Fitz Gerald[1] nicht beibehalten. Von einer ähnlichen Einrichtung ist Coxe's perpetuum mobile, welches man in London für Geld sehen liefs. Ein riesenhaftes Barometer, aus einer sehr weiten Glasröhre bestehend, war so aufgehangen, dafs das untere Ende in eine Schüssel mit Quecksilber tauchte, welche beim Fallen des Barometers mehr, und beim Steigen desselben weniger Quecksilber enthielt. Indem der ganze Apparat zwei Ct. dieses Metalles hielt, so sank die durch Gegengewichte balancirte Schüssel herab, und setzte dadurch ein Gewicht in Bewegung, welches vermittelst eines künstlichen Mechanismus eine Uhrfeder spannte, wodurch eine Uhr bei mittlerer Veränderung acht Tage im Gange erhalten wurde. Die stärkste Differenz des Barometerstandes hob das Gewicht so hoch, dafs es für einen Monat ausreichte, und man konnte also mit Sicherheit darauf rechnen, dafs die Uhr nie still stand. Auf die Idee hat schon Becher hingedeutet[2].

Prony's Barometer an einem Waagebalken[3] hat eine ähnliche Einrichtung. Aus der Zeichnung ersieht man, dafs der verschiedene Stand des Quecksilbers in den Cylindern a und d die Arme des Waagebalkens ungleich beschwert, und man soll dann aus den zur Herstellung des Gleichgewichtes erforderlichen Gewichten die ungleichen Quantitäten des Quecksilbers in den Cylindern, und hiernach den veränderten Stand des Barometers bestimmen. Zur Vermeidung von Schwankungen dienen die Stützen h h, die Loupen bei g g zum feinen Ablesen der Abweichung des Waagebalkens von der horizontalen Lage, und das Werkzeug ist allerdings höchst empfindlich, aber so complicirt und für seinen Zweck so kostbar, dafs es keinen Platz unter den physikalischen Apparaten verdient. Es ist daher zu verwundern, dafs Landriani dasselbe in zwiefacher Gestalt abermals in Vorschlag gebracht hat[4].

Fig. 139.

Weit zweckmäfsiger, höchst empfindlich, weniger kostbar und ungleich leichter zu beobachten ist Morland's an

1 Phil. Tr. LI. 146. LX. 74.
2 Lichtenberg in Gött. Gel. Anz. 1775. p. 97.
3 Bulletin des Sciences. An. VII. p. 176. G. II. 311.
4 Brugnatelli Giorn. X. 189.

dem kürzeren Ende einer Schnellwaage aufgehangenes Baro-
Fig. meter (the steelyard Barometer)[1]. Die gefüllte Barometer-
140. röhre A hängt balancirt an dem kürzeren Arme des Hebels
m, dessen längerer Arm n Grade auf dem getheilten Bogen
fg durchläuft, wenn die Röhre durch vermehrten oder ver-
minderten Luftdruck eine längere oder kürzere Quecksilber-
säule enthält. Die Scale kann nicht füglich anders als em-
pirisch nach einem richtigen Barometer verzeichnet werden.

Sehr gebräuchlich sind Morland's schief gebogenes, und
Bernoulli's rechtwinklich gebogenes Barometer. Ersteres
ist auch von Ramazzini gebraucht[2], welchen Leupold[3] als
Erfinder nennt, aber unter dem Namen des Morlandschen
Fig. allgemein bekannt. Aus der Zeichnung geht hervor, daſs
141. das Quecksilber oben in der gegen den Horizont geneigten
Röhre einen gröſseren Raum durchläuft, als es in der geraden
Fortsetzung durchlaufen würde. Nennt man den Winkel,
welchen das gebogene Ende mit der Horizontalebene macht,
α; den Raum, welchen das Quecksilber in der geraden Röhre
einnehmen würde, a; denjenigen, welchen es in der ge-
neigten Röhre einnimmt, b; so ist $a : b = \text{Tang. } \alpha : \text{Sec. } \alpha$.
Man kann also die Scale der Röhre b leicht verzeichnen, wenn
man $b = \frac{a}{\text{Sin. } \alpha}$ macht, oder aber man kann die Höhe der
Quecksilbersäule in a aus dem Maſse von b leicht finden, wenn
man $a = b \text{ Sin. } \alpha$ nimmt. Böge man das Rohr b in die hori-
zontale Ebene, so wäre $\alpha = 0$, also $b = \infty$, woraus sich
ergiebt, daſs man die vom Quecksilber durchlaufenen Räume
willkührlich verlängern könnte, wenn die Quantität des
Quecksilbers im Gefäſse nicht abnähme, und das ursprüng-
liche Niveau nicht verändert, mithin die Quecksilbersäule
Fig. überhaupt nicht verlängert würde. Das von Joh. Bernoulli
142. der Akademie in Paris vorgeschlagene Barometer[4] ist unten
rechtwinklich umgebogen, und um eine gröſsere Menge
Quecksilber zu haben, oben mit einem weiteren Cylinder

1 Hutton Dict. I. 207.

2 Ramazzinii Opp. Lond. 1718. 4. p. 215. Vergl. G. II. 334.

3 Theatr. aër. Cap. III.

4 Hermann Phoronomie. Amst. 1716. 4.

versehen. Indem also das aus diesem Gefäſse bei vermindertem Luftdrucke herabsinkende Quecksilber den horizontalen Schenkel erfüllt, so werden die oben und unten zu verzeichnenden Scalentheile sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Durchmesser verhalten, oder aber, wenn der Durchmesser des oberen Cylinders D, der horizontalen Röhre d heiſst, so wird ein Theil a einer gewöhnlichen Barometerscale auf dem horizontalen Brette $= a.\frac{D^2}{d^2}$ seyn müssen. Beide Barometer erhalten also eine aus gleichen Theilen bestehende Scale, welche willkührlich vergröſsert werden kann, und sie würden daher ihren Zweck, kleine Veränderungen in groſsen Theilen anzuzeigen, vollkommen erreichen, wenn nicht die Bewegung des Quecksilbers durch die Umbiegung der Röhre zu sehr gehindert wäre. Uebrigens hat das Bernoullische darin einen Vorzug, daſs das Sinken des Quecksilbers im Gefäſse hierbei in der Scale selbst begriffen ist, beim Morlandschen aber in die Scale noch besonders aufgenommen werden müſste, bei beiden muſs aber beim Aufhängen die Neigung der umgebogenen Röhre gegen den Horizont genau berücksichtigt werden. Endlich pflegt man das Bernoullische noch mit einem kleinen Gefäſse B zu versehen, damit bei sehr niedrigem Stande kein Quecksilber ausflieſst.

Eine wesentliche Bestimmung des Barometers, nämlich das Messen der Höhen vermittelst desselben, ist vorzüglich erst nach den Untersuchungen von de Lüc allgemeiner in Anwendung gekommen, und weil dieser dem Heberbarometer entschiedene Vorzüge in dieser Hinsicht beilegte, so pflegte man sich desselben vorzugsweise für diesen Zweck zu bedienen. Indeſs bedient man sich auch des Gefäſsbarometers sehr häufig; und weil es für diese Bestimmung hauptsächlich darauf ankommt, daſs die hierzu angewandten Werkzeuge sich leicht und ohne Schaden transportiren lassen, so hat man sie auch Reisebarometer (baromètre portatif, *portable barometer*) genannt. Die wesentliche Aufgabe hierbei ist, daſs die Quecksilbersäule auf irgend eine Weise festgemacht wird, damit weder ein Theil des Metalles beim Transporte ausläuft, noch auch die ganze Säule bei den unvermeidlichen

Bewegungen des Apparates gegen das Ende der Glasröhre schlägt, diese zerschellet und somit das Ganze unbrauchbar macht. Die Aufgabe ist keineswegs leicht, weil das Quecksilber sich zugleich stärker ausdehnt als das Glas, und letzteres daher bei wachsender Temperatur zersprengt werden muſs, wenn die Quecksilbersäule fest abgeschlossen ist. Etwas Luft zur Compensation dieser Ausdehnung darf aber nirgend vorhanden seyn, weil diese sonst zu leicht in die Röhre gelangt, und somit das Wesen des Barometers aufhebt.

Es giebt eine sehr groſse Menge von Vorschlägen zur Verfertigung solcher Barometer, welche indeſs sämmtlich entweder *Heberbarometer* oder *Gefäſsbarometer* sind. Der älteren Angaben[1] nicht zu gedenken hat vorzüglich de Lüc's[2] Heberbarometer, und die Art, dasselbe zu verschlieſsen, lange in Ansehen gestanden. Bei diesem wird der kürzere Schenkel B nahe über der Krümmung abgeschnitten, und durch eine Hülse mnop mit einem Guerikschen Hahne ac getrennt, so daſs dieser, nachdem man das Barometer geneigt hat, um das sämmtliche Quecksilber bis auf eine unbedeutende Kleinigkeit in die längeren Schenkel zu bringen, nach dem Umdrehen alle Gemeinschaft desselben mit dem kürzeren Schenkel abschneidet. De Lüc machte die Hülse aus einem Kork, den Hahn aus hartem Holze, Elfenbein, oder Narwals-Zahn[3], andere verfertigten beides aus Holz, besser aus Elfenbein, oder zum noch sicherern Verschlieſsen aus Eisen. Indeſs ist entweder die Verschlieſsung nicht fest genug, dann dringt durch häufiges Schütteln leicht etwas Quecksilber durch, und Luftblasen erheben sich neben der beweglichen Quecksilbersäule in den oberen Raum; oder sie ist vollkommen genau, und dann muſs die Röhre durch die

Fig. 143.

1 Leupold Theatr. aërost. Tab. IV. Fig. 3. 4. 5. Tab. VII. Fig. 5. Tab. VIII. Fig. 2. Hook Micrographia. 1665. Tab. I. Fig. 1.

2 Recherches sur les Mod. de l'Atm. II. §. 464.

3 Vergl. Pictet in Bibl. Brit. XXII. 309, wo dasselbe ausführlich beschrieben ist. Zum Hahn soll nicht Elfenbein, sondern: un os de poisson, qui vient des mers du Nord, et qu'on trouve dans le commerce genommen werden. Dieser soll porös genug seyn, um so viel Quecksilber durchzulassen, als erforderlich ist, das Glas gegen das Zerspringen zu sichern.

Ausdehnung des Quecksilbers bei erhöheter Temperatur zerspringen. Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, bringt der Mechanicus Loos in Darmstadt an die eisernen Hähne, womit seine Heber- und Gefäfsbarometer verschlossen werden, einen mit dem Quecksilber des längeren Schenkels durch einen, nach dem Verschliefsen des Hahns geöffneten Canal in Verbindung gesetzten Behälter an, welcher aus einer messingnen, inwendig überfirnifsten, Kapsel und einem gewölbten Deckel aus Federharz besteht. Letzteres, an sich elastisch und durch Wärme ausdehnbar, giebt dem gleichfalls ausgedehnten Quecksilber nach, und sichert gegen das Zerspringen der Röhre. So vortrefflich diese Einrichtung ist, so theilt sie dennoch die Mangelhaftigkeit aller solcher Hähne, nämlich dafs sich an den Wänden der engen Canäle leicht Luftblasen ansetzen, und in das Barometer dringen, zugleich aber ist sie schwierig zu verfertigen, und deswegen kostbar.

Um die Schwankungen auf den Schiffen für die Barometer unschädlich zu machen verfiel Nairne auf den sinnreichen Gedanken, dem oberen weiten Theile der Röhre unterhalb der Mitte eine enge, von etwa 0,1 Z. Weite anzufügen, und diese in das Quecksilbergefäfs zu senken. Durch das wenige Quecksilber, welches hiernach aus der engeren Röhre in die obere weite gelangen kann, wird die Bewegung desselben und somit die Heftigkeit des Stofses gegen das Ende der Röhre bei den Schwankungen des Barometers geringer, und die Gefahr des Zerbrechens aufgehoben. Nairne verfertigte solche zuerst für den Capitän Phipps[1]. Durch gleiche Grundsätze geleitet schlug Gay-Lüssac ein Heberbarometer vor, welches sicher die vortheilhafteste Einrichtung hat, indem es Genauigkeit, Leichtigkeit und Wohlfeilheit mit vorzüglicher Sicherheit gegen Beschädigung verbindet. Es wird wie ein gewöhnliches Heberbarometer verfertigt, indem man, um gleiches Caliber zu erhalten, das oben abgeschnittene Ende der Röhre für den kürzeren Schenkel anschmelzt, beide Schenkel aber durch ein weites Haarröhrchen verbindet. Bei der Verfer- Fig. 144.

1 Voyage to the North-Pole. p. 123. Vergl. La Perouse Voy. IV. 253. Cook's, Krusenstern's u. a. Reisen.

tigung bleibt der kürzere Schenkel offen und die ganze Röhre gerade, aufser derjenigen Biegung, durch welche die Axen beider Schenkel in eine gerade Linie kommen, damit beim Aufhängen die Falllinie mit dieser zusammenfällt, und hiernach das Barometer lothrecht hängt. Um das Auskochen zu erleichtern wird ein feiner Eisendraht durch die Oeffnung des unteren Schenkels bis ans Ende des Haarröhrchens geschoben, und erst nach dem Auskochen das Haarröhrchen in die gehörige Form gebogen, das obere Ende des kurzen Schenkels zugeschmolzen, dann das sehr feine Löchelchen, welches in der Figur angedeutet ist, in den kürzeren Schenkel gemacht, damit die Luft hierdurch Zutritt erhalte, ohne dafs Quecksilber herausfliefsen kann. Soll das Barometer auch in der horizontalen Lage bis zum Anfange des kurzen Schenkels mit Quecksilber gefüllt seyn, so wird etwas ausgekochtes Quecksilber durch das feine Löchelchen vermittelst der Erhitzung und Ausdehnung der Luft im kurzen Schenkel nachgefüllt, und dann die fertige Barometerröhre gehörig montirt[1].

Eine sehr einfache Vorrichtung, sowohl Heberbarometer, als auch Flaschenbarometer zu verschliefsen, hat Rosenthal[2] nach Schiavetto's Angabe in Vorschlag gebracht. Beim Flaschenbarometer nämlich verengert sich das Rohr da, wo es an die Kapsel geschmolzen ist, von selbst, beim Heberbarometer aber wird der kürzere Schenkel da, wo sich die Biegung endigt, etwas verengert. Alsdann befestigt man an einen dünnen Stab Fischbein von der Länge des kürzeren Schenkels nach Schiavetto einen Kork, neigt das Barometer so, dafs das Quecksilber den längeren Schenkel ganz füllt, und drückt den Kork vermittelst des Fischbeinstäbchens fest in die Verengerung der Röhre[3]. Noch zweckmäfsiger wird diese Vorrichtung nach Horner[4], wenn man statt des selten ganz rein, hinlänglich elastisch und stark, zu erhaltenden Korkes etwas Federharz um das untere Ende des Fischbeinstabes legt, und zur Verhütung eines zu starken

Fig. 145.

1 Ann. de Chim. et de Ph. I. 113.

2 Beiträge zur Verf. meteor. Werkzeuge. p. 30.

3 Vergl. Benzenberg bei G. IX. 462.

4 Handschriftliche Mittheilung.

Anklebens mit Seide umwickelt, an dem oberen Ende des Fischbeins aber einen, für die Weite der Röhre geeigneten Mischer vom Baumwolle anbringt, das obere Ende des kürzeren Schenkels mit einer Fassung und einem aufzuschraubenden Deckel versieht, und die herabgedrückte Fischbeinstange auf diese Weise festschraubt. Dieser Apparat, welcher sehr zweckmäfsig mit dem von GAY - LÜSSAC angegebenen Barometer verbunden werden kann, gewährt den Vortheil des sichern Verschliefsens ohne Gefahr für die Barometerröhre, indem das ausgedehnte Quecksilber den verschliefsenden Kegel um die erforderliche Kleinigkeit zusammendrücken oder zurückschieben würde, während die elastische, durch den oberen Deckel gespannte Fischbeinstange denselben stets wieder gegen die Verengerung drückt. Ausserdem kann man den kürzeren Schenkel wiederholt von Feuchtigkeit und Schmutz reinigen, welche auch durch das feinste Löchelchen dringen, das Nachfüllen des Quecksilbers in den kürzeren Schenkel und die ganze Verfertigung des Barometers ist ungleich leichter als nach GAY - LÜSSAC, und es werden alle Schwankungen der Quecksilbersäule vermieden, welche auf rauhen und holprigen Bergwegen, der engen Verbindungsröhre beider Schenkel ungeachtet, leicht gefährlich werden können. Es leidet daher keinen Zweifel, dafs diese Construction des Heberbarometers unter allen die zweckmäfsigste ist, den Nachtheil abgerechnet, dafs das ganze Röhrchen die freie Bewegung des Quecksilbers bedeutend hindert.

Bei Gefäfsbarometern, auch wenn sie zu blofsen Wetterbeobachtungen, und nicht zum Transportirtwerden bestimmt sind, besteht das Gefäfs aus Holz, welches zur Sicherung gegen das Durchdringen des Quecksilbers inwendig lackirt seyn kann, oder noch besser aus Glas mit einer messingenen, inwendig mit Kitt überzogenen Fassung. LEUTMANN[1], LUZ[2], VOIGT[3], ROZIER[4], HAMILTON[5], welcher ein elfenbeinenes

---

1 Instrumenta meteorognosiae inservientia. Viteb. 1725. 8.

2 Beschreibung von Barometern u. s. w. Taf. II. Fig. 1.

3 Beiträge zur Verfertigung und Verbesserung des Barometers. Frankf. 1795. 8.

4 J. de Ph. XXI.436.

5 Trans. of the Roy. Irish Acad. V. 95.

Gefäſs mit einem verschiebbaren Korke gebrauchte, Bourbon[1] Brisson[2], Sulzer[3], M' Guire[4], Ramsden[5], Adams[6] u. a.[7] haben Vorschläge zur Verfertigung desselben gethan, unter denen folgende eine nähere Erwähnung verdienen.

Fig. 146. Eine der älteren Einrichtungen ist die von Assier Perica[8] vorgeschlagene; das hölzerne zum Theil aus einem gläsernen Cylinder cc bestehende Gefäſs, welches die Zeichnung darstellt, hat oben eine durch die elfenbeinene Schraube x verschlieſsbare Oeffnung, um die Verbindung mit der äuſsern Luft herzustellen. Auf dem Quecksilber schwimmt eine Platte Elfenbein zz, welche an dem elfenbeinenen Stängelchen y das unveränderte Niveau des Quecksilbers im Gefäſse bezeichnet. Der untere aufgeschrobene Theil ff enthält einen ledernen Sack mit Quecksilber, welcher vermittelst der Schraube g und des Schlüssels l in die Höhe geschroben werden kann, wenn man das ganze Gefäſs mit Quecksilber füllen, und dadurch die Bewegung desselben aufheben will. Diesem ähnlich ist das von Gilbert Austin[9] angegebene Barometer, dessen Gefäſs mit einem nach Auſsen gehenden ledernen Sacke voll Quecksilber versehen ist, aus welchem die erforderliche Menge in das Gefäſs gedrückt wird. Beide theilen den Fehler, daſs das Leder durch starken Druck leicht Quecksilber durchläſst.

Unter die vorzüglich zweckmäſsig construirten, auf allen Fall sehr sicher zu transportirenden Gefäſsbarometer gehört

Fig. 147. das von Goedeking angegebene Reisebarometer[10]. Das Gefäſs besteht aus trocknem harten Holze, in welches die Glasröhre c eingekittet ist. An ihrem unteren Ende wird sie durch das, in das Holz eingelassene, bei m schräg, aber

1 Mém. de l'Ac. 1751. p. 173.

2 Ebend. 1755. p. 140.

3 Act. Helv. III. 259.

4 Trans. of the R. Ir. Ac. 1787. I. 41.

5 Phil. Tr. 1777. p. 658.

6 On the barometer. Lond. 1790.

7 Recueil des pièces sur le Therme et sur le barom. Basle 1757. 4. Act. Helv. III. 94.

8 J. de Ph. XVIII. 391. Lichtenb. Mag. I. 111. p. 98.

9 Trans. of the Royal Irish Acad. IV.

10 Scherer's J. II. 94. G. II. 324.

nicht sehr scharf zulaufende Stück Elfenbein bb gesteckt, so dafs sie etwa 1 bis 2 Lin. höher steht, als das Ende desselben, und gleichfalls festgekittet, nachdem sie ausgekocht ist. Man kehrt sie dann um, giefst einige Tropfen Quecksilber so auf, dafs das elfenbeinene Stück gleichfalls voll ist, schraubt den unteren Theil des Gefäfses fest, und indem man die Schraube g mit der eisernen, stark überpolsterten Platte hh fest gegen die scharfen Kanten des Elfenbeins schraubt, ist das Quecksilber in der Röhre fest gesperrt. Soll aber die Quecksilbersäule oscilliren, so darf man nur das Barometer umkehren, nach dem Herausziehen des Stöpsels bei d das Gefäfs mit Quecksilber füllen, die Schraube g öffnen, und die Beobachtung anstellen. Der Stöpsel d wird geöffnet, damit das überflüssige Quecksilber bis zur Herstellung des Niveaus abläuft. Hierin liegt indefs ein auffallender Mangel der übrigens vortrefflichen Einrichtung, denn man darf offenbar das Barometer nicht oscilliren lassen, weil sonst zu viel Quecksilber ausläuft, und überhaupt ist diese Art der Herstellung des Niveau's mühsam und wegen des auslaufenden Quecksilbers beschwerlich[1]. Besser ist es daher, zur Beobachtung des Niveau's im Gefäfse dieses nach Maigné[2] von Glas zu machen. Indefs ist auch das, von diesem angegebene Gefäfs zu künstlich. Einfacher dagegen ist die Einrichtung, wenn das Quecksilber in der unten mattgeschliffenen Barometerröhre, nachdem man das Barometer umgekehrt hat, vermittelst des an einer Schraube beweglichen Polsters festgedrückt wird. Die Barometerröhre cd Fig. 148. wird nämlich in die Oeffnung der oberen Fassung pq des gläsernen Cylinders ab so eingekittet oder geleimt, dafs sie genau bis in die Mitte desselben reicht, um bei jeder Lage des Barometers unter dem Niveau des Quecksilbers im Ge-

1 Diesem ähnlich sind diejenigen Barometer, welche in Paris unter dem Namen der Genfer verfertigt werden. Das aus Horn oder Holz bestehende Gefäfs, worin die Röhre festgekittet ist, hat etwas über der Mitte eine vermittelst einer Schraube verschliefsbare Oeffnung. Beim Transporte giefst man das Gefäfs ganz voll Quecksilber, und schraubt es zu, beim Beobachten hängt man das Barometer lothrecht, öffnet die Schraube, und läfst das überflüssige Quecksilber auslaufen. Es hat sonach gleichfalls die eben gerügten Mängel.

2 Ann. de Chim. XLVII. 213. G. XV. 463.

fäfse zu bleiben, welches dasselbe bis etwas über die Hälfte ausfüllt. Um dann jederzeit ohne Mühe das Gefäfs öffnen zu können, wird ein hölzerner, mit einem ledernen Kranze belegter Deckel g g auf das untere mattgeschliffene Ende des Cylinders gepafst, und vermittelst der in der Mitte durchbohrten Kapsel h h festgeschroben. In der hölzernen Scheibe ist die eiserne Schraube f mit dem Knopfe m beweglich, welche oben eine eiserne, lose aufgeniethete, Platte e e und ein darüber befestigtes ledernes Polster trägt. Hat man das Barometer umgekehrt, und einigemale auf den Knopf m lose geklopft, damit etwaige Luftblasen entweichen, so wird der Polster fest gegen die Röhre geschroben, und somit das Quecksilber in derselben gesperrt, wobei das Leder durch öfteren Gebrauch allmälig so vom Quecksilber durchdrungen wird, dafs auch beim längsten Transporte und bei heftiger Erschütterung keine Luft in die Röhre dringt, indem das Leder vermöge seiner Elasticität so viel nachgiebt, als die Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme beträgt, oder das Metall durch seine Poren entweichen läfst. Die hölzerne Platte g g darf übrigens nicht zu dünn seyn, damit kein Quecksilber neben den Schraubengängen entweicht. Ein kleines elfenbeinenes, etwas konisches Stäbchen r, welches durch die elfenbeinene Platte s vom Quecksilber im Gefäfse in die Höhe gehoben wird, dient dazu, Luft in das Gefäfs zu lassen, zugleich auch um das Niveau des Quecksilbers im Gefäfse durch eine kleine, oben angebrachte Linie α genau zu bezeichnen.

Ein sehr einfaches Gefäfs ist dasjenige, welches der Mechanicus Loos früher seinen Barometern zu geben pflegte[1]. In einem gläsernen Cylinder a b wird das Quecksilber vermittelst eines mit Leder überzogenen, und oben gepolsterten Korkes c c beim Verschliefsen so hoch geschroben, dafs das Gefäfs ganz voll ist, beim Beobachten aber bis zu der bestimmten Höhe des Niveaus herabgelassen. Die Oeffnung der Röhre ist stets unter Quecksilber, und es kann also keine Luft eindringen. Der Mechanismus ist der von Hamilton vorgeschlagene, mit dem Unterschiede, dafs der Kork hier mit Leder überzogen und oben gepolstert, auch nicht für die

Fig. 149.

[1] Benzenberg bei G. XXXVI. 353.

Luft durchdringlich seyn soll, wie jener unrichtig voraussetzte; auch erlaubt das gläserne Gefäfs statt des elfenbeinenen den Rand des Quecksilbers in demselben zu beobachten.

HURTER's Gefäfsbarometer[1], später verbessert durch HAAS[2] wurde seiner Zeit mit Beifall aufgenommen. Dieses hatte ein eigenes Stativ, aus drei Füfsen bestehend, auf welchem es nach einem Pendel vermittelst Mikrometerschrauben lothrecht aufgehangen wurde, war mit einer doppelten Scale des pariser und londoner Fufses versehen, und konnte auch sammt dem Stative aufgehangen werden. Das hölzerne Gefäfs liefs sich durch Zusammenschrauben verkleinern, ein eigener Mechanismus, aus einer Spiralfeder mit einem ausgespannten Stück Leder bestehend, verschlofs das Quecksilber in der Röhre, und dann wurde alles Quecksilber aus dem Gefäfse durch die Oeffnung f ausgegossen und in einer eigenen hölzernen Büchse mitgenommen. Letztere unbequeme Einrichtung nebst dem zusammengesetzten Baue des Werkzeuges hat vermuthlich seine gröfsere Verbreitung gehindert. Fig. 150.

Grofse Bequemlichkeit gewährt das von ENGLEFIELD vorgeschlagene Barometer[3]. Dasselbe ist in einen in drei Füfse zerlegbaren Stock eingeschlossen, und wird, wenn dieser als Stativ aufgestellt ist, so aufgehangen, dafs es durch sein eigenes Gewicht die lothrechte Richtung annimmt. Das Gefäfs besteht aus Buchsbaumholz, ist ganz verschlossen, und so voll Quecksilber, dafs die Oeffnung der Röhre stets von demselben bedeckt bleibt, und daher keine Luft in dieselbe dringen kann. Indefs erfüllt es den Zweck eines Reisebarometers nicht, indem das Quecksilber nicht fest gesperrt ist, und daher beim schnellen Umdrehen gegen das verschlossene Ende der Röhre schlagen und diese zerschellen kann, wogegen die Form eines Stockes, und die hierdurch erzielte Bedingung, das Barometer stets umgekehrt zu tragen, keineswegs sichert. Aufserdem aber schwebt die Barometerröhre zu sehr frei zwischen den beiden messingnen Stangen, Fig. 151.

---

1 J. de Ph. XXIX. 345. Lichtenberg Mag. V. 4. 84.
2 Gren J. VII. 258. Voigts Mag. I. IV. 142.
3 Nicholson's J. Nr. 55. Phil. Mag. N. 117. G. XXXVIII. 249.

und wird daher durch Erschütterungen leicht zersplittert werden.

Man hat auch die Gefäſsbarometer vermittelst der Guerikeschen Hähne zu verschlieſsen vorgeschlagen. Von dieser Art ist Guerin's[1] tragbares Barometer, dessen Mechanismus aus der Zeichnung genügend erkannt wird. Es treffen dasselbe die oben bei den auf gleiche Weise verschlossenen Heberbarometern gerügten Nachtheile. Der Mechanicus Loos in Darmstadt begegnet auch diesen durch einen zwar zusammengesetzten, aber übrigens sehr zweckmäſsigen und sinnreichen Mechanismus. Bei den Gefäſsbarometern desselben geht die Röhre c c mitten durch das Gefäſs, ist unter demselben sehr nahe zusammengebogen, und in die eiserne Fassung g g gekittet, deren Canal, und somit das Quecksilber in der Röhre durch den Hahn h abgeschnitten wird. Auch dieser Hahn gewährt aus der verschlossenen Barometerröhre eine Communication durch eine enge Röhre f in den hinter der Biegung angebrachten Behälter, aus einer messingnen, mit Federharz überzogenen Kapsel bestehend, wie bei seinem Heberbarometer. Aus der Fassung geht die Röhre aufwärts wieder in das Gefäſs, wird hier dünner, läuft unter dem Kitt des Gefäſses hin, und mündet an der gegenüberliegenden Seite des Gefäſses im Quecksilber desselben. Die kleine messingne Schraube m dient dazu, das Quecksilber, wenn es etwa beschmutzt ist, aus dem Gefäſse zu nehmen und zu reinigen, oder auch nach Befinden etwas zuzugieſsen, oder aus dem Gefäſse wegzunehmen, der äuſseren Luft aber wird der erforderliche Zutritt neben dem Korke n gegeben, vermittelst welchem die Barometerröhre in die obere Fassung des Gefäſses bloſs eingeklemmt ist. Auf die Schraube p p wird eine messingene Kapsel geschroben, um den unteren Theil des Rohres und den Hahn gegen Verletzung zu schützen.

Fig. 152. Fig. 153.

Horner[2] beschreibt ein genaues, bequemes und mit Sicherheit zu gebrauchendes Barometer, dessen Haupttheile in der Zeichnung in etwa 0,6 ihrer natürlichen Gröſse dargestellt sind. Die Röhre des Barometers steckt der Si-

Fig. 154. u. 155.

1 J. d. Ph. LIII. 444.

2 Aus handschriftlicher Mittheilung. Vergl. Lichtenb. Mag. II. 1. 129.

cherheit wegen in einem hohlen messingenen, mit dickem Leder ausgefüllten Cylinder, dessen oberes Ende AB von 14 bis 29 Z. Höhe vorn und hinten durchschnitten ist, um durch diese 1,5 Lin. weite Oeffnung den Stand des Quecksilbers zu beobachten. Dieses geschicht, indem man die Hülse cdef, welche den Vernier trägt, dergestalt schiebt, dafs ihr unterer Rand ef eine Tangente der Wölbung des Quecksilbers bildet. Zu dem Ende erhält sie eine mikrometrische Bewegung durch die Ringschraube gh, welche durch Reibung an der Messingröhre festsitzt. Der Nullpunct des Vernier ist des besseren Ablesens wegen um ein bis zwei Linien über den unteren Rand der Hülse hinauf gesetzt, welche Differenz bei der Anordnung der Barometerscale berücksichtigt werden mufs.

Das Deckelstück bei A ist mit drei kleinen Schrauben festgeschraubt, um den drehbaren Ring L, an welchen von Innen eine Platte mit einer Schraubenmutter festgemacht ist, aufzunehmen. Kleine Schrauben am Vernier sowohl als auch in der Hülse gh halten von Innen einen Messingstreifen fest, welcher das Drehen des Verniers und des oberen Theiles der Hülse verhindert. Die Vernierhülse ist bei df offen, damit man die Theilung auf der Messingröhre ablesen kann. Das Gefäfs besteht aus einer stählernen Scheibe aa mit einem Halse, in welchem die Barometerröhre bb eingekittet ist. Auf diese Scheibe ist der gläserne Cylinder gg g'g' aufgeschliffen, so dafs er ohne Verkittung höchstens mit einer dünnen Unterlage von geöltem Postpapier (oder, zur Vermeidung einer Beschmutzung des Quecksilbers durch Fett, eines feinen ledernen Ringes) luftdicht angeprefst werden kann. Letzteres wird durch den dünnen messingenen Cylinder hhh'h' bewerkstelligt, welcher sich bei c und d in das Bodenstück mn, cd, ef einschraubt, und unten vermittelst des angelötheten Ringes hh' den Glascylinder gegen die Fläche aa hindrückt. Der Messingcylinder hat auf zwei entgegengesetzten Seiten eine länglichte Oeffnung, welche in der Zeichnung durch punctirte Linien angedeutet ist. Unten schraubt sich in denselben der Deckel pp ein, durch dessen Mitte die Schraube qq von vierfachem Gange und starker Steigung geht. Sie tritt in das eiserne Bodenstück ll

des Stöpsels ein, dreht sich in demselben frei um, und wird durch Vernietung oder durch ein festgeschraubtes Mütterchen r festgehalten. Ueber den eisernen Cylinder i i mit breitem ansteigenden Rande ist ein starkes Leder oder Pergament o o gespannt, und unter dem Rande festgebunden, k k ist ein hohler mit einer Feile genau abgerundeter Kork, welcher sich sehr gedrängt in dem Glascylinder bewegen läfst. Man fchlägt dann ein Stück Taffent über die Haut o o, zieht die Falten über den Kork k k, und schiebt sie mit einer Messerspitze zwischen den Kork und den Cylinder i i; dann wird der Boden l l nebst der daran befindlichen Schraube q q in den eisernen Cylinder i i eingeschraubt, welcher den unteren Theil des Korkes und den Taffent bedeckt. Durch den Ueberzug von Taffent wird die Reibung des Korkes am Glase bedeutend verringert. Die stählerne Platte a a ist nahe am Rande von unten her konisch durchbohrt, der Oeffnung correspondirt eine andere im Deckel c d, ein stählernes, in der Mitte vierkantiges, Kölbchen v geht durch dieselbe, wird oben durch das Schräubchen u angezogen, und dient als Ventil, um die Luft zuzulassen. Bei m n wird die messingene Barometerhülse mit dem Gefäfse durch eine Schraube verbunden. Nicht weit von dieser Stelle ist sie so weit aufgeschnitten, als nöthig ist, um das feste Thermometer dergestalt aufzunehmen, dafs es die Barometerröhre beinahe berührt. Eine halbcylindrische Schale von Messing schützt dasselbe gegen Beschädigung und hindert zugleich die Mittheilung der äufsern Temperatur. Das ganze Barometer wird in einen hohlen Stock geschoben; in welchen das Gefäfs bei c d genau eingepafst ist, der Stock wird in ein ledernes Futteral gesteckt, welches auch das Thermometer für die freie Luftwärme aufnimmt, und vermittelst eines Riemens über die Schulter gehangen werden kann.

Will man mit diesem Barometer beobachten, so nimmt man dasselbe aus dem Stocke, lüftet ein wenig den Stöpsel vermittelst der Schraube q q, hängt dasselbe in schräger Richtung auf, bringt es allmälig in die verticale Richtung, schraubt den Stöpsel so weit zurück, bis das Quecksilber im Gefäfse unterhalb des Ringes e f zum Vorschein kommt, öffnet das Ventil v, und beginnt die Beobachtung damit,

daſs man den Stöpsel so weit hinaufschraubt, bis beim Durchsehen durch das Gefäſs zwischen dem Quecksilber und dem Rande ef nur eine feine Lichtlinie bleibt, wobei man zuweilen mit dem Finger das Barometer erschüttern muſs. Hierauf verschiebt man die Hülse gh, stellt vermittelst des drehbaren Ringes die untere Kante des Verniers als Tangente über die Convexität der Quecksilbersäule, und lieset die Scale ab. Beim Verschlieſsen zieht man zuerst vermittelst der Schraube u das Ventil v an, neigt das Barometer, schraubt unterdeſs den Stöpsel aufwärts, und sperrt mit demselben, nachdem das Barometer abgenommen und umgekehrt ist, das Quecksilber so, daſs es nicht in Bewegung gerathen kann. Die Zusammenziehung des Quecksilbers durch Kälte oder die Ausdehnung desselben durch Wärme compensirt die elastische Decke oo, und sollte im letzteren Falle etwas Quecksilber durch diese dringen, so sammelt es sich auf der eisernen Platte ll, und kann hier nach Herausnahme des Stöpsels weggenommen werden; auch würde im Falle einer gänzlichen Anfüllung des Cylinders ii mit Quecksilber die Röhre durch die Ausdehnung des Quecksilbers nicht zerspringen, sondern eher etwas Quecksilber neben dem Stöpsel durchgepreſst werden. In dem Gefäſse muſs stets so viel Quecksilber vorhanden seyn, daſs die Trommel ll 1 bis 2 Lin. unter dem Ende der Röhre b bleibt. Das ganze Barometer wiegt seiner vielen Theile ungeachtet mit Futteral nur 2,5 Pfd. und erfüllt, obwohl etwas complicirt, alle Anforderungen an ein gutes Reisebarometer.

Fortin in Paris verfertigt die nach ihm benannten Barometer, welche zwar wegen ihres hohen Preises (über 200 Fr.) nicht sehr gemein, aber doch vorzüglich geachtet sind. Da sie in den meisten Stücken mit den Hornerschen übereinstimmen, so lassen sich die Abweichungen leicht angeben und würdigen. Zuerst haben sie das Stativ, welches von der Englefieldschen entlehnt, in sofern aber verbessert ist, als die feinen, in das Holz der Füſse niederzulegenden Drähte aaa zur Sicherung des Standes angebracht sind. Vortheilhaft ist ferner der obere Ring bb, welcher an zwei horizontalen Spitzen drehbar ist, und indem das Barometer dann in denselben vermittelst der Schrauben αα, welche ge-

Fig. 156.

gen jene Spitzen normal gerichtet sind, festgeschroben wird, so kann dasselbe frei schwanken, und erhält durch das Uebergewicht des Quecksilbers im Gefäfse allezeit die lothrechte Richtung. Das Barometer kann nach Erfordern in der Mitte seiner Länge aufgehangen werden, wie die Figur zeigt, oder höher in d d, oder ganz oben in e e, auch läfst sich dasselbe an die Schlinge g über einen Haken hängen. Oben bei e e ist aufserdem eine aufgeschrobene horizontale Platte mit drei vorragenden Spitzen, welche verhindern, dafs das Barometer nicht durch den Ring b b fallen kann, vielmehr wird es auf den Spitzen ruhen, und bei der Manipulation dem Beobachter verstatten, es auf denselben vorläufig aufzuhängen, wenn etwa die Schrauben $\alpha\alpha$ nicht zur Hand sind, oder wenn man das Barometer von unten heraufgeschoben hat, und es an der Schlinge g anfassen will, um es höher zu heben. Der Ring b b ist dann aber an drei Stellen eingeschnitten, um die hervorragenden Spitzen beim Herausnehmen des Barometers durchzulassen. Beim Zusammenlegen pafst das Gefäfs genau in die mit Tuch ausgefütterten Vertiefungen m m m der Stativfüfse, und der ganze Apparat bildet dann einen dicken Cylinder, welcher in einen ledernen Sack geschoben und so transportirt wird. Indem das Gewicht durch Zugabe des Stativs keine sehr grofse Vermehrung erhält, so läfst sich nicht in Abrede stellen, dafs durch dasselbe sehr für Bequemlichkeit gesorgt ist. Ein Nachtheil bei diesen Barometer ist übrigens, dafs die Barometerröhre in der messingnen Röhre, welche genau nach der bei dem Hornerschen Barometer beschrieben Art verfertigt ist, nur an drei Puncten vermittelst etwas Kork anliegt, und daher durch Erschütterung leicht zersplittern kann.

Wesentlich verschieden von dem Hornerschen, demselben aber weit nachstehend, ist das Fortin'sche Gefäfs. Dasselbe besteht nämlich aus dem gläsernen Cylinder a a, welcher zwischen die beiden messingenen, mit dünnem Holze gefütterten Fassungen b b, c c vermittelst dreier Drähte b c festgeschroben ist. Die untere ist mit dem messingenen, inwendig gleichfalls mit Holz gefütterten, Cylinder $\alpha\beta$, $\alpha\beta$ verbunden, über dessen männliche Schraube $\alpha\alpha$ die Kapsel m m m m, mit der grobgewindigen Schraube h versehen, geschroben wird. Inwendig in dem messingenen, mit Holz

Fig. 157.

gefütterten hohlen Cylinder befindet sich der Sack $\delta\,\delta$ von weissem Leder, welcher bei $\varepsilon\,\varepsilon$ über den Rand des hohlen buxbaumenen Cylinders geschlagen, und mit einem Seidenfaden ganz fest gebunden ist[1]. Dieser lederne Sack trägt inwendig ein ausgehöhltes Stück Buxbaumholz γ, in dessen Vertiefung der Knopf p der Schraube h paſst. Soll das Barometer transportirt werden, so drehet man es um, wodurch sich die Röhre ganz mit Quecksilber füllt, und schraubt dann dieses vermittelst der Schraube h und des ledernen Sackes so fest, daſs das ganze Gefäſs damit angefüllt ist. Die Elasticität des Leders giebt so viel nach, als die Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme erfordert; beim Beobachten dagegen hängt man das Barometer gehörig auf, schraubt die Schraube h so weit herab, bis das Niveau des herabsinkenden Quecksilbers die Spitze des elfenbeinenen Stiftes π berührt, welcher als Anfangspunct zum Messen der Länge der Quecksilbersäule dient. Ein besonderer Zugang für die äuſsere Luft ist nicht angebracht, indem die einzelnen Theile des Gefäſses nicht absolut fest schlieſsen, so daſs diese genügend eindringen kann.

Vergleicht man die beiden zuletzt beschriebenen Einrichtungen mit einander, so ist das Stativ bei der Fortinschen allerdings eine nützliche Zugabe, auch ist das Festschrauben der oberen und unteren Fassung des Glascylinders durch die drei Drähte b c eine sehr zweckmäſsige Vorrichtung. Dagegen hat die Hornersche entschiedene Vorzüge durch die festere Lage der Barometerröhre und die weit sicherere Sperrung des Quecksilbers im Gefäſse, indem beim Fortinschen leicht etwas durch die minder dichten Fugen, insbesondere aber durch das Leder des Säckchens verloren wird. Endlich ist auch das Holz am Gefäſse dem Einflusse der Feuchtigkeit und dem Quellen hierdurch ausgesetzt.

Für den Seefahrer ist das Barometer ein nicht bloſs nützliches, sondern unentbehrliches Werkzeug, dessen sorgfältige Beobachtung ihn vor unzeitigem Auslaufen warnen, zum Verlassen eines unsichern Ankerplatzes bewegen, und überhaupt zum Ergreifen der nöthigen Sicherungsmaſsregeln ver-

---

1 Einen solchen ledernen Sack finde ich zuerst durch Ramsden gebraucht. Phil. Tr. 177. p. 658.

mögen kann, und dieses um so mehr, weil die auf dem Lande so oft trügerischen Wetteranzeigen desselben auf der See weit sicherer sind, indem auf dem freien Ocean die manchen Modificationen und Gegenwirkungen durch Gebirge, Seen, Sandebenen, Wälder u. dgl. wegfallen. Weil indefs das Barometer in seiner gewöhnlichen Form wegen der vielen und starken Schwankungen der Schiffe nicht angewandt werden kann, so hat man verschiedene Mittel erdacht, um diesem Hindernisse zu begegnen. Eins der ältesten von AMONTONS[1] zu diesem Zwecke vorgeschlagenes Barometer besteht blofs aus einer engen konischen Röhre, welche unten etwa eine Linie weit, oben bis zu 0,3 Lin. verengt gegen 40 Z. lang seyn, und auf einem einfachen Brette mit einer beweglichen Scale befestigt, freischwebend aufgehangen werden soll. Ist sie gefüllt und ausgekocht, so nimmt die Quecksilbersäule in derselben, wenn sie das zugeschmolzene Ende berührt, einen Raum von mindestens 32 Z. ein, und kann daher wegen des stark wachsenden Druckes auch bei den heftigsten Schwankungen nicht leicht diese Höhe erreichen, folglich auch nicht gegen das zugeschmolzene Ende schlagen und dieses zerschellen. Ist es aber aufgehangen, so sinkt die Quecksilbersäule herab, wird im weiteren Ende der Röhre dicker und daher kürzer, so lange bis ihr Gewicht dem Druck der Luft gleich ist. LESLIE hat eine Modification dieses Barometers vorgeschlagen, welche darin besteht, dafs eine engere und eine weitere Röhre zusammengeschmolzen werden, weil die konischen schwer zu bekommen seyn sollen, eine Behauptung, welche in der Erfahrung nicht begründet ist. Man kann übrigens, wenn die Durchmesser beider verbundenen Röhren bekannt sind, die Barometerveränderungen theils aus der veränderten Länge der Quecksilbersäule, theils aus dem Raume abnehmen, welchen dieselbe durchläuft, und dieser letztere wird so viel gröfser seyn, je näher das Verhältnifs der Durchmesser der Gleichheit kommt, weil dann eine längere Quecksilbersäule aus der weiteren Röhre in die wenig engere gehoben werden mufs, bis die ganze Länge der Quecksilbersäule den Gegen-

Fig. 158.

---

1 Remarques et experiences physiques sur les Barom. cet. Par. 1695. 12.

druck der Luft aufwiegt. Es seyen allgemein die Querschnitte der engeren und der weiteren Röhre a und A, die absolute Aenderung des Barometerstandes m, so ist die in der engeren Röhre durchlaufene Höhe $= m.\frac{A}{A-a}$; in der weiteren Röhre aber $= m.\frac{a}{A-a}$. Hätte man genau calibrirte Röhren, so wäre es hinreichend, nur die obere Veränderung des Standes der Quecksilbersäule zu beobachten, um hieraus den Barometerstand noch obendrein in vergröfsertem Mafsstabe zu erhalten. Wäre z. B. der Durchmesser der engeren Röhre 0,9 par. Lin., der weiteren 1,1 par. Lin., so wären ihre Querschnitte $= 0,81\,\pi$ und $1,21\pi$, mithin die Vergröfserung von $m = \frac{1,21}{1,21 - 0,81} = 3,02$, und es würde also die Scale dieses Barometers für jeden Zoll des gewöhnlichen Barometers 3,02 Z. durchlaufen. Das Barometer gehört hiernach unter die zuerst erwähnte Classe derjenigen, welche vergröfserte Scalen haben, und wäre zu Messungen gröfserer Höhen unbrauchbar. Man könnte nämlich mit demselben keine Höhen messen, welche weniger als 20 Z. Barometerstand geben, weil das Quecksilber für 9 Z. schon 27 Z. der engeren Röhre durchlaufen, mithin aus dieser, auch möglichst verlängerten, schon heraustreten würde, abgesehen davon, dafs das Ganze die Länge von 4 F. haben müfste. Gäbe man der engeren Röhre den Durchmesser von 0,6 der weiteren 1,2 Lin., so wäre der Factor von $m = \frac{4}{3}$, mithin würde auf dem Chimboraço, wo der Barometerstand 14 Z. beträgt, das Quecksilber $(28 - 14)\frac{4}{3} = 18\frac{2}{3}$ Z. sinken, das Barometer bedürfte nur 3 F. Länge, wäre sehr leicht, mit einem Korke verstopft und als Stock montirt ohne Nachtheil transportabel, und würde unter die vorzüglichern gehören, wenn nicht der ungleiche Einflufs der Capillarität der Genauigkeit entgegenstände, und das Quecksilber in der unteren weiten Röhre sich nicht leicht trennte, und theilweise auch bei engeren Röhren herausliefe. Als Meerbarometer ist es auf allen Fall nicht brauchbar.

Die französische Marine bediente sich ehemals des von BLONDEAU[1] vorgeschlagenen, ganz aus Eisen bestehenden Barometers, welches auch zum Transporte eingerichtet, nach Fig. de Lüc's Art verschlossen werden kann. Wo der längere 159. Schenkel bb in das Verbindungsstück eingeschroben wird, da ist die Oeffnung b beträchtlich verengert, um die Schwankungen zu vermindern und das Eindringen der Luft bei der Zusammensetzung zu vermeiden. Der Hahn g ist sehr enge durchbohrt, und kann außerdem nach Gefallen weniger geöffnet werden, um die Schwankungen möglichst zu vermindern. Gegen den Einfluſs der Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme ist der Fortsatz des Verbindungsstückes cd mit einer Blase überbunden, gegen welche vermittelst der Feder ef ein Polster gedrückt wird. Weil man bei der Undurchsichtigkeit beider Schenkel dieses Barometers den Stand des Quecksilbers nicht unmittelbar beobachten kann, so wird auf das Quecksilber im kürzeren Schenkel ein Schwimmer von Elfenbein gelegt, welcher einen eisernen Draht trägt. Letzterer geht durch eine enge Oeffnung i, und bezeichnet mit dem Knöpfchen k den veränderten Stand des Barometers.

Da es beim Meerbarometer zunächst nur darauf ankommt, der Einfluſs der Schwankungen des Schiffes unschädlich zu machen, so that PASSEMENT[2] den Vorschlag, die Barometerröhre in ihrer Mitte zweimal spiralförmig zu winden, so daſs der äuſsere Rand der Windungen etwa 2 Z. Durchmesser hätte. Indem hiernach das Quecksilber bei jeder Oscillation des Barometers den bedeutend verlängerten und gekrümmten Weg durchlaufen müſste, so würden die schnell folgenden Schwankungen sich wechselseitig aufheben, hiernach also das Barometer leichter zu beobachten, und zugleich gegen das Zerschelltwerden gesichert seyn. Ungleich vorzüglicher aber ist NAIRNE's oben angegebene, von GAY-LÜSSAC auch auf das Heberbarometer angewandte Einrichtung, welche mit einer zweckmäſsigen Art des Aufhängens verbunden seit dem Gebrauche desselben durch COOK ganz

1 Lichtenb. Mag. I. 3. 80.
2 de Lüc Recherch. I. 34.

allgemein eingeführt ist. Die Zeichnung stellt dasselbe so Fig. dar, wie ein dicht vor ihm stehender Beobachter es erblicken 160. würde[1]. Das Ganze ist ein Gefäſsbarometer, mit einem hölzernen Gefäſse, unten mit einem ledernen Beutel und einer Schraube nach Ramsden[2] versehen, um das Niveau damit zu berichtigen, die Röhre in einen hölzernen Cylinder eingeschlossen, welcher gegen Beschädigungen schützt. Die Luft erhält den Zugang nur durch die Poren des hölzernen Gefäſses, wodurch zugleich der Verschüttung des Quecksilbers vorgebeugt ist. Von der Glasröhre haben nur die oberen 6 Zolle die Weite eines gewöhnlichen Barometers, der übrige Theil aber ist nur etwa 0,5 Lin. im Lichten weit, so daſs das Quecksilber bei den Schwankungen des Schiffes mit groſser Schnelligkeit und mit Ueberwindung einer bedeutenden Adhäsion den engen Canal durchlaufen muſs, um in der weiten Röhre zu steigen oder zu fallen, wodurch seine Oscillationen merklich geschwächt werden. Von der Röhre selbst sind nur wenige Zolle sichtbar, da mit Ausnahme höchst seltener Fälle der Barometerstand auf der See sich wenig ändert, und selten unter 26 Z. herabkommt. Die Scale ist in kleine Theile getheilt, und würde bei diesem Barometer sehr zweckmäſsig auf die Röhre selbst geätzt werden, weil sich kein Vernier dabei anbringen läſst. Das Barometer wird in gehöriger Entfernung von der Wand etwas über seinem Schwerpuncte zwischen zwei Ringen nach Art der Cardanischen Lampe frei schwebend aufgehangen, und zugleich ist sein oberes Ende mit einem soliden messingnen Knopfe versehen, wodurch dasselbe die Eigenschaft eines langen Pendels erhält, und der bedeutenden Schleuderungen des Schiffes ungeachtet keine isochronische Schwingungen mit diesem annehmen kann, so daſs durch die Irrationalität dieser Bewegungen von Zeit zu Zeit eine gegenseitige Aufhebung derselben, oder ein Stillstand erfolgt, der es möglich macht, die Barometerhöhe zu schätzen. Sonst kann man auch aus den Extremen der Oscillationen, die selten über einen halben Zoll betragen, das Mittel nehmen.

---

1 Horner's handschr. Mittheilung.
2 Phil. Tr. 1777. p. 658.

Man hat auch andern Werkzeugen den Namen der Meerbarometer gegeben, welche diesen eigentlich nicht verdienen, sondern richtiger Manometer genannt werden, womit man aber von den zuletzt angegebenen Verbesserungen des eigentlichen Meerbarometers den veränderten Druck der Atmosphäre beobachtete. Dr. HOOKE[1] schlug vor, ein an beiden Seiten verschlossenes Luftthermometer und ein an einer Seite offenes nebeneinander zu stellen. Indem das erstere bloſs durch die Ausdehnung der Luft als Folge der Temperatur, letzteres aber zugleich durch den veränderten Luftdruck afficirt wird, so giebt der Unterschied beider die letztere Gröſse allein an. Daſs das erstere dieser beiden aber nicht mit Weingeist gefüllt werden kann, wie angegeben wird, leuchtet von selbst ein. AMONTONS[2] wiederholte den nämlichen Vorschlag, und HALLEY[3] versichert, dasselbe auf seiner Seereise mit groſsem Nutzen beobachtet zu haben, so daſs es für eine der wichtigsten Erfindungen für die Verbesserung der Navigation zu halten sey. Aehnliche Apparate sind angegeben von VARIGNON[4], ZEIHER[5], RICHMANN[6], und noch neuerdings von WILSON. Nach letzterem soll man ein verschlossenes eisernes Gefäſs mit Quecksilber und Luft gefüllt, anwenden, die Verbindung mit der äuſseren Luft durch eine eingesenkte Glasröhre herstellen, in welcher das Quecksilber durch den wechselnden Druck der eingeschlossenen Luft steigen und fallen würde, dann die Scale nach einem Versuche unter der Luftpumpe verzeichnen, und zur Correction der Wärme ein Thermometer beifügen[7]. Der neueste Vorschlag dieser Art ist von J. J. PRECHTL[8]. Das von ihm ausführlich beschriebene und hinsichtlich seiner Genauigkeit berechnete, zunächst für Höhenmessungen bestimmte Baroskop besteht aus einem gläsernen Cylinder bc, mit einem in dem-

Fig. 161.

1 Birch History. III. 384.
2 Mém. de l'Ac. 1704. p. 49.
3 Phil. Tr. XXII. 794.
4 Mém. de l'Ac. 1705. p. 300.
5 Nov. Com. Pet. VIII. 274.
6 Nov. Com. Pet. II. 194.
7 Ann. of Phil. IX. 313.
8 Jahrb. des k. k. polytechn. Institutes in Wien. Wien 1825. V. 284.

selben befindlichen Thermometer fm, dessen Scale 30° R. über und 10° unter 0 umfaſst, und bis 0,0125 eines Grades vermittelst einer Loupe abgelesen werden kann. Der gläserne Cylinder ist in c verschlossen, läuft aber bei i in die etwa 0,1 Z. weite Röhre oqpxa aus, welche bei a mit einem Hahne verschlossen werden kann; das Ganze ist auf einem mit zwei Libellen A, L horizontal zu stellenden Brette befestigt. Die trockne Luft im Cylinder ist durch die Quecksilbersäule qp gesperrt, und die Ausdehnung der ersteren, als gemeinschaftliche Wirkung der Wärme und des äuſsern Luftdruckes wird an der auf die Röhre selbst aufgetragenen genauen Scale gemessen. Zieht man demnach die durch veränderte Temperatur erzeugte Wirkung von der ganzen beobachteten Gröſse a b, so bleibt derjenige Theil übrig, welcher dem veränderten äuſsern Drucke zugehört, und wonach sich also die Höhe bestimmen läſst. Geschmeidige Formeln für diese Berechnungen nebst einer genauen Anweisung zur Verfertigung des Apparates, wobei die Länge der einzelnen Röhrentheile etwa 10 Z. beträgt, hat der Erfinder angegeben. So sinnreich dieses Werkzeug indeſs auch construirt ist, so wird es doch schwerlich geeignet seyn, das Barometer für Höhenmessungen zu ersetzen, noch weniger aber zu übertreffen, obwohl dasselbe allerdings leichter zu transportiren ist, und eine längere Scale hat, als jenes. Nach einer ohngefähren Berechnung wollen wir nämlich annehmen, daſs von den 5 Enden der Röhre zwei mit Quecksilber gefüllt sind, so geben die übrigen drei 30 Zolle für die Scale. Zieht man diesen die 40 Graden R. zugehörige Ausdehnung der Luft durch Wärme mit 5,5 Z. ab, so bleiben für die veränderte Dichtigkeit 24,5 Z., welche mit der ganzen Länge der Quecksilbersäule im Barometer = 30 Z. und dem auf der gröſsten zu messenden Höhe stattfindenden Barometerstande von etwa 14 Z. verglichen, ein Verhältniſs von 24,5 : 16 oder nahe 3 : 2 geben, woraus allerdings der Vortheil einer zu beobachtenden gröſseren Differenz für dieses Instrument hervorgeht. Allein dieser wird durch anderweitige Nachtheile leicht überwogen. Will man nämlich auch annehmen, daſs die Quecksilbersäule in diesem Apparate sich nicht trennt, und durch anhaltendes Schütteln

weder Luft neben sich entweichen, noch Feuchtigkeit eindringen läfst, so kann das Thermometer am Barometer gleich fein, als dieses gemacht werden, und obgleich das letztere durch die Luft des Cylinders umgeben ist, so steht es doch von der in der Röhre befindlichen ungleich weiter ab, als das Thermometer am Barometer vom Quecksilber in der Röhre. Um so viel aber, als die Ausdehnung der Luft durch Wärme gröfser ist, als des Quecksilbers, ist hierbei auch die Fehlergrenze gröfser, wodurch die längere Scale leicht compensirt werden dürfte. Hierzu kommt aber noch, dafs die Luft ein so schlechter Wärmeleiter ist, sich daher nicht schnell ins Gleichgewicht der Temperatur setzt, und die letztere nicht leicht dem Quecksilber im Thermometer mittheilt. Endlich aber mufs die auf hohen Bergen sehr verdünnte, und daher weniger elastische Luft die Adhäsion einer 20 Z. langen Quecksilbersäule an die Wände der Röhre überwinden, welches auch durch das Neigen des Apparates und Klopfen auf das Brett desselben nicht so leicht geschehen wird.

Auf ähnlichen Grundsätzen beruhet ein von CASWELL unter dem Namen *Baroskop*, *Meerbarometer* vorgeschlagenes Instrument[1]. ABCD ist ein kubisches Gefäfs mit Wasser, worin das baroskopische Gefäfs x t e z y o s m schwimmt. Dieses besteht aus einem Körper x t s m und der Röhre e z y o, beide hohle Cylinder, aus Zinn oder besser aus Glas und miteinander verbunden. Unten an der Röhre bei z y ist ein Bleigewicht angebracht, welches den Apparat im Wasser niederzieht, so dafs das obere Ende durch einige aufgelegte Gewichte mit dem Niveau des Wassers gleiche Höhe hat. Ist das Instrument ins Wasser gedrückt, so steigt dasselbe bis zur Höhe $\alpha\beta$. Oben ist ein kleiner hohler Cylinder angebracht, welcher das Gefäfs am Sinken hindert, m d ist ein dicker Draht, m s und d e sind feine Drähte, um Transversalen zum feineren Messen zu erhalten, indem das beim stärkeren Sinken des Gefäfses zuerst am unteren, dann am oberem Drahte ansteigende Wasser eine scharfe Begrenzung bildet. Dafs indefs das Instrument bei gröfserer Ausdehnung der enthaltenen Luft, also beim Fallen des Barometers stei-

Fig. 162.

1 Phil. Tr. XXIV. p. 1597. Ein ähnlicher Vorschlag von Kramp findet sich in Hindenburg's Archiv. III. 233.

gen müsse und umgekehrt, fällt von selbst in die Augen. Nach einer Berechnung des Erfinders soll dieses Barometer 1200 mal empfindlicher seyn, als das gemeine, und den geringsten Wind anzeigen, auch läſst sich an einer groſsen Empfindlichkeit nicht zweifeln, könnte man es nur gegen den Einfluſs der veränderten Temperatur schützen. Daſs übrigens dieses Werkzeug auf Schiffen vorzüglich anwendbar seyn sollte, ist kaum glaublich, indem das Wasser im Gefäſse durchaus in bedeutende Schwankungen versetzt, und jede Beobachtung dadurch unsicher werden muſs, auch findet sich nicht, daſs es als Seebarometer wirklich gebraucht sey. Unter diese Classe von Apparaten gehört endlich auch das neuerdings angegebene *Sympiezometer*[1].

Indem hiermit die vorzüglichsten Barometer unter den verschiedenen Arten derselben näher beschrieben sind, so wird es genügen, andere minder bedeutende Vorschläge der Vollständigkeit wegen, und um zu zeigen, daſs sie nicht überhaupt unbeachtet geblieben sind, kurz namhaft zu machen. Hierhin gehört vorzüglich Amouton's[2] *verkürztes Barometer*. Dieses besteht aus der mit Quecksilber gefüllten Röhre a b und c d, zwischen welcher b c mit Luft, oder nach einem *späteren Vorschlage mit einer tropfbaren Flüssigkeit* gefüllt ist, um den Druck der ersten Quecksilbersäule auf die zweite fortzupflanzen. Oben bei g ist eine offene Spitze, um die Flüssigkeit einzugieſsen, worauf sie zugeblasen wird. Durch zwei Quecksilbersäulen und eine zwischenliegende Säule Flüssigkeit wird die Länge des Barometers auf $\frac{1}{2}$ herabgesetzt, durch 4 Quecksilbersäulen und 3 Säulen Flüssigkeit auf $\frac{1}{4}$ u. s. w.; die Veränderungen des Barometerstandes vertheilen sich aber unter die Flächen a, b, c, d, so daſs dieses, um die Hälfte verkürzte, Barometer *nur* $\frac{1}{4}$ der wirklichen Veränderung angiebt. Deswegen fügte Amoutons noch die Röhre f e hinzu, um nach dem Princip des Doppelbarometers die Barometerveränderungen vergröſsert darzustellen. Passement dagegen schlug vor, die Zwischenröhre b c zu biegen und spiralförmig zu winden, dann dieselbe mit verschieden

Fig. 163.

1 S. Sympiezometer.

2 Mém. de l'Acad. 1688. T. II. p. 39.

gefärbten Flüssigkeiten zu füllen, und den veränderten Stand ihrer Begrenzung zu beobachten. Das Ganze ist indefs eigentlicher eine sinnreiche Idee zu nennen, als ein brauchbares Werkzeug.

Changeux[1] schlägt zwei Barometer vor, das eine zum Messen unzugänglicher Tiefen, das andere zum Selbstmessen der Höhen bestimmt. Beide sind Heberbarometer, ersteres mit einer oben, letzteres mit einer unten angebrachten, seitwärts gehenden Röhre (baromètre à appendice). Sinkt das Quecksilber, so fällt so viel in die Röhre b, dafs das ursprüngliche Niveau bei a wieder hergestellt wird. Eben so ist es beim Steigen desselben. Wird das Barometer wieder an den ersten Beobachtungsort gebracht, so zeigt die Menge des ausgelaufenen Quecksilbers die Differenz der Längen der Quecksilbersäulen, und hiernach die Höhen. Das Ungenügende dieser Vorrichtung ist längstens dargethan[2]. Wilsons Barometer mit einem im Quecksilber schwimmenden eisernen Stäbchen[3], Conté's aus einer elastischen Schale bestehend, oder ein anderes, welches den Luftdruck nach dem Einströmen des Quecksilbers in ein luftleeres Gefäfs mifst[4], verdienen keine Berücksichtigung. Sinnreicher ist der Vorschlag desselben, eine genau calibrirte eiserne Röhre mit Quecksilber zu füllen, und die Veränderung des Barometerstandes aus dem Gewichte des in gröfseren Höhen ausgelaufenen Quecksilbers zu bestimmen[5]. Humboldt's Reisebarometer mit einem eisernen Gefäfse und an einer eisernen Stange ist zu unbequem und zu sehr zusammengesetzt[6], Voigt's verbessertes *Brandersches* mit dem Prinzeschen Gefäfse gleichfalls manchen Mängeln unterliegend[7], und ein anderes von demselben, mit einem ledernen Sacke und einer Schraube, diesen zusammt dem Quecksilber in die

Fig. 164.

1 J. d. Ph. XXII. 387.
2 Lichtenb. Mag. II. 3. 134. V. 2. 166.
3 Voigt Mag. V. 248.
4 G. II. 313.
5 Ebend. 317. Vergl. Landriani's ähnlichen Vorschlag bei Brugnatelli Giorn. X. 187.
6 J. de Ph. IV. 468.
7 Beiträge. Hft. II. p. 56.

Höhe zu schrauben[1], wird man jetzt nicht mehr in Anwendung bringen. Landriani's ausführlich beschriebenes heberförmiges Reisebarometer von Eisen[2] läfst sich wegen der Schwierigkeit der Fabrication und des Auskochens, desgleichen wegen der Unmöglichkeit einer unmittelbaren Beobachtung des Quecksilbers nicht empfehlen, indem das Barometer überhaupt nicht in die Hände solcher Personen gehört, welche eine Glasröhre zu handhaben unfähig sind. Ebendesselben Vorschlag[3], auf der oberen Quecksilberfläche einen Magnet schwimmen zu lassen, welcher einen aufsen freibalancirten Magnet mit einem 25 Z. langen Zeiger anziehen, und dadurch sehr kleine Veränderungen anzeigen soll, ist viel zu künstlich und unsicher, um praktisch angewandt zu werden. Andere Vorschläge, welche nichts Neues enthalten, als von Rodic[4], Fahrenheit[5], Maigné[6] Lamanon[7] u. a. mögen besser ganz übergangen werden.

Endlich hat man einem zufällig entdeckten Wetteranzeiger den Namen Barometer beigelegt. Prevot in Bürglen, unfern der Abtei St. Blasius nahm nämlich wahr, dafs ein langer ausgespannter Eisendraht von Wetterveränderungen einen eigenthümlichen summenden Ton hervorbrachte. Als Haas diese Nachricht erhielt, spannte er gleichfalls absichtlich einen langen Draht im Freien aus, und nahm die nämliche Erscheinung wahr, fand sie aber als Voranzeige des Wetters zuweilen trüglich[8]. Die Wirkung ist zweifels ohne eine Folge der Temperaturveränderung[9]. Des Tönens wegen nennt man den Apparat auch *Wetterharfe*.

Bei den Barometern, wenn man zugleich ihre Verfertigung berücksichtigt, kommen hauptsächlich in Betrachtung zuerst die *Röhre*. Obgleich das dickere Glas der Röhre

1 G. IV. 456.
2 Brugnatelli Giorn. X. 192.
3 Ebend. p. 416.
4 G. VI. 445.
5 Phil. Tr. XXXIII. 179.
6 G. XV. 463.
7 J. de Ph. XIX. 3.
8 Lichtenb. Mag. II. 4. 213.
9 Vergl. Hindenburg Archiv. I. 128. Döbereiner bei G. LXXII. 316.

dem Stoſse des Quecksilbers leichter widersteht, so ist es doch aus andern Gründen vortheilhafter, die Glasesdicke nicht stärker als etwa 0,2 Lin. zu wählen, insbesondere weil diese leichter und sicherer ausgekocht werden können. Die Weite der Röhre darf nicht unter 1,5 Lin. seyn, weil sonst die Beweglichkeit des Quecksilbers zu geringe ist. Die Masse des Quecksilbercylinders nämlich wächst wie das Quadrat des Durchmessers der Röhre, ihre innere Fläche aber, an welcher sich das Quecksilber bewegt, wie die einfache Potenz desselben, mithin wird der gröſsere Cylinder die Adhäsion im Verhältnisse des Quadrates des Durchmessers zur einfachen Potenz desselben überwinden. Eine weitere Röhre zu wählen, als höchstens 2,5 bis 3 Lin. ist zweckwidrig, weil dadurch die Masse, und somit das Gewicht des Quecksilbers unnöthig vermehrt wird. Obgleich man bei jedem Barometer am besten die absolute Länge der Quecksilbersäule miſst, und hierbei ihre gleiche oder ungleiche Dicke nach dem oben angegebenen Princip der communicirenden Röhren nicht direct in Betrachtung kommt, so ist es doch vorzüglich der Capillarität wegen vortheilhaft, möglichst genau cylindrische Röhren zu wählen, und bei Heberbarometern nimmt man es als Regel an, daſs beide Schenkel innerhalb der Länge, bis wohin die Beobachtungen reichen, gleich weit seyn müssen, weswegen man zum kürzeren Schenkel das oben abgeschnittene Stück des längeren nimmt. Das Caliber läſst sich für diesen Zweck genügend vermittelst eines an einem Bindfaden durchgezogenen Korkes, oder wenn man gröſsere Genauigkeit sucht, nach de Lüc vermittelst eines über dem Korke befindlichen, und beim Herabziehen desselben allmälig durchlaufenden Quecksilbercylinders finden, indem man dessen gleichbleibende oder sich verändernde Länge mit einem Stückchen Charte miſst. Weit wichtiger aber ist es, daſs die Röhre vollkommen trocken und rein von Staub und Schmutz sey. Zu diesem Ende zieht man wiederholt einen aus Baumwolle geformten, an einen Bindfaden befestigten Stöpsel hindurch, schmelzt dann die Röhre am oberen Ende so zu, daſs sie nicht in eine Spitze, sondern in eine etwas erweiterte Wölbung endigt, und biegt sie gehörig um, wenn man ein Heberbarometer haben will. Man hat auch vorgeschla-

gen[1], die Röhre etwa 0,5 bis 0,75 Z. unter ihrem oberen Ende bis zur Weite von $\frac{1}{3}$ Lin zusammenzublasen, damit das Quecksilber, ehe es gegen die obere Wölbung schlägt, durch diesen engeren Raum dringen mufs, und dadurch an Geschwindigkeit der Bewegung verliert. Das Mittel ist nicht verwerflich, sichert aber nicht vollständig, und bewirkt leicht ein Springen der Röhre an dieser Stelle beim Auskochen.

Das Quecksilber zum Barometer mufs rein von Schmutz und Feuchtigkeit, und mit andern Metallen nicht vermischt seyn. Von ersteren reinigt man dasselbe am leichtesten dadurch, dafs man es durch feine Papiertrichterchen durchlaufen läfst, noch besser, indem man es in einer Flasche aus Steingut mit einigen glühend hineingeworfenen Holzkohlen schüttelt, und dann durch die papiernen Tütchen filtrirt. Kauft man das Quecksilber nicht von hausirenden Händlern, sondern aus soliden Materialhandlungen, wohin es unmittelbar aus den Bergwerken gelangt, so ist es rein von beigemischten Metallen, indem es bei weitem zum gröfsten Theile als Zinnober gefunden, und aus demselben reducirt wird. Will man indefs verunreinigtes Quecksilber reinigen, so darf dieses keineswegs durch etwas aufgegossene verdünnte Salpetersäure geschehen, weil ein Theil des salpetersauren Quecksilbers oder der sonstigen Metallsalze so fest adhärirt, dafs es nicht wieder getrennt werden kann, und dann beim Auskochen die Röhre unvermeidlich beschmutzt, wodurch noch obendrein eine stark vermehrte Capillardepression entsteht. Auch die Destillation ist unzureichend, obgleich sie das Quecksilber bedeutend reinigt. Das einzige sichere Mittel für diesen Zweck ist daher die Verwandlung des Quecksilbers in Zinnober und die Reduction des Metalles aus demselben. Zu diesem Ende thut man 1 Th. Schwefel in einen irdenen Tiegel, schmelzt ihn, giebt 5 Th. des verunreinigten Quecksilbers dazu, rührt beständig mit einem eisernen Spatel, bis beide sich mit einer Explosion verbinden, welche einige Vorsicht, vorzüglich bei gröfseren Quantitäten, erfordert. Die erkaltete Masse wird herausgenommen, in einem eisernen oder steinernen Mörser gepulvert, in einen Glaskolben ge-

1 Biot Traité. I. 93.

than, welcher etwa nur zu $\frac{2}{3}$ angefüllt seyn darf; letzterer wird dann mit etwas Papier lose verstopft in einem Tiegel mit Sande mehrere Stunden einer allmälig verstärkten Rothglühhitze ausgesetzt, bis sich der Zinnober völlig sublimirt hat. Dieser wird herausgenommen, gepulvert, mit $\frac{1}{2}$ Eisenfeil oder nahe einer gleichen Menge Kalk gemengt, und dann am besten aus einer eisernen Retorte im Sandbade destillirt. Statt der letzteren kann man auch eine irdene oder eine gläserne beschlagene nehmen, läuft aber bei der ersteren Gefahr durch die Porosität derselben Quecksilber zu verlieren, und ist bei der letzteren nicht gegen das Zerspringen gesichert. Den Hals der Retorte umwickelt man mit mehrere Zolle vorstehendem Fliespapier, und taucht das Ende desselben in ein Gefäfs mit Wasser, in welchem man dann das gereinigte Quecksilber findet.

Das Auskochen der Barometer, welches schon du Fay [1], Cassini und Lemonnier [2], Beighton [3] u. a. aus verschiedenen unrichtigen Gründen anzuwenden riethen, dient dazu, um alle Luft und Feuchtigkeit vom Quecksilber zu entfernen, ist daher zum Wesen des Barometers unentbehrlich, und kann auf keine Weise nach Milon u. a. [4] durch das Erhitzen des Quecksilbers vor dem Einfüllen in die Röhre ersetzt werden [5], indem selbst wiederholtes Auskochen die letzten Antheile der Luft und auch der Feuchtigkeit nicht völlig wegzuschaffen vermag. Die gewöhnliche Art des Auskochens geschieht, indem man die gefüllte und mit Papier lose verstopfte Barometerröhre unter einer Neigung von etwa 45° gegen den Horizont zuerst mit ihrem oberen, nach unten gekehrten Ende über lebhaft glühenden Kohlen in einer grofsen Kohlenpfanne allmälig erhitzt, dann bei wiederholtem leisen Schütteln so lange der Hitze aussetzt, bis das Quecksilber wirklich siedet, wobei die erzeugten Dämpfe die ganze Metallsäule etwa 0,5 bis 1 Z. heben, und das Quecksilber in einzelnen Tropfen sich unten wieder sammelt. Es erfordert

1 Mém. de l'Acad. 1823.
2 Mém. de l'Acad. 1740.
3 Phil. Tr. N. 448.
4 J. d. Ph. LIV. 128. G. XIV. 432.
5 Parrot Phys. I. 369.

einige Uebung, zu verhüten, daſs die stark bewegte Quecksilbersäule das Glas nicht zerschellet, welches man am besten vermeidet, wenn man die Röhre beim stärkeren Wallen nicht etwa herauszicht, sondern vielmehr weiter auf den Kohlen hinschiebt. So lange noch Luftbläschen am ausgekochten Theile sichtbar sind, muſs das Kochen fortgesetzt werden, jedoch muſs man sich hüten, expandirte Quecksilberdämpfe nicht mit Luftblasen zu verwechseln. Man fährt dann vom obern Ende an so lange mit dem Auskochen fort, bis die ganze Röhre auf diese Weise ausgekocht ist, nimmt aber den papiernen Pfropfen zeitig genug weg, damit durch das Verkohlen desselben die Röhre nicht beschmutzt wird. Bei einer gut ausgekochten Barometerröhre muſs nach dem Erkalten das Quecksilber mit einer hellglänzenden Metallfläche am Glase liegen. Hat man indeſs auf diese Weise dieselbe auch mehrmals, selbst 6 bis 8 mal ausgekocht, so ist dennoch nicht alle Luft entwichen, wie sich aus der noch immer stattfindenden Capillardepression ergiebt. Der Grund liegt sehr einfach darin, daſs während dem Auskochen etwas von dem oberen, noch unreinen, kälteren und daher specifisch schwererem Quecksilber herabsinkt, und das schon ausgekochte wieder verunreinigt. Vollkommene Reinheit ist daher nur dann zu erhalten, wenn man die ganze Röhre zugleich über einer hinlänglichen Menge Kohlen auskocht, eine Methode, welche der Mechanicus Clarcy bei einigen Barometern anwandte, und welche nach der Aussage des Dr. Eimke ein gemeiner Glasbläser in Hamburg bei allen für Repsold ausgekochten Barometerröhren befolgt. Auch d'Angos [1] giebt an, daſs er, um übereinstimmende Barometer zu erhalten, die Röhren mit reinem Quecksilber fülle, die obere Mündung mit einem länglichen Sacke von Leinen verbinde, um das durch das Sieden herausgeworfene Quecksilber aufzunehmen, dann drei Röhren zugleich in ein Futteral von Eisenblech mit feiner Asche gefüllt einschlieſse, dieses allmälig erhitze, und dann über Holzkohlen in einer etwas geneigten Lage eine halbe Stunde kochen lasse. Ist hierbei zu viel Quecksilber aus der Röhre gekommen, so

---

1 J. de Ph. LXXIII. 146.

werden die Röhren nachgefüllt, und abermals gekocht, wodurch sie völlig luftleer werden. Indeſs scheint diese Methode wegen des heftigen Siedens des Quecksilbers kaum anwendbar, und auf allen Fall der leinene Sack nicht hinlänglich gegen das Auslaufen und Verdampfen des Quecksilbers schützend, abgerechnet, daſs derselbe in der groſsen Hitze des Sandes verkohlen muſs. Gerathener dürfte es zur Erreichung dieses allerdings wichtigen Zweckes seyn, an das offene Ende der Barometerröhre eine hinlänglich weite Kugel mit einer feinen, etwas gebogenen Spitze anzublasen, in welcher das wallende und durch die Hitze stark ausgedehnte Quecksilber sich sammeln, und aus derselben wieder in die Röhre zurückflieſsen könnte, diese Kugel aber so weit vom Feuer entfernt zu halten, daſs das Quecksilber in derselben während des heftigen Siedens in der Röhre nur wenig siedet, um nicht zu groſsen Verlust durch die entweichenden Dämpfe zu erleiden. Arbeiter, welche dieses Auskochen oft und anhaltend verrichten, müssen zum Schutze gegen den schädlichen Einfluſs der Quecksilberdämpfe die Respirationswerkzeuge mit einem nassen Badeschwamme verhüllen.

Heberbarometer müssen schon vor dem Auskochen in die gehörige Form gebogen seyn, auſser das nach Gay-Lüssac construirte, bei welchem des zwischengesetzten engen Röhrchens wegen der kürzere Schenkel erst nach dem Auskochen umgebogen wird, weil hierdurch das Auskochen sehr viel leichter geschieht und beim Zusammenziehen des Quecksilbers nach dem Erkalten auch dafür gesorgt werden kann, daſs ausgekochtes Quecksilber in die engere Röhre kommt. Bei den Röhren der Gefäſsbarometer ist es aber vortheilhaft, sie etwas länger zu lassen, eine etwa 32 bis 33 Z. lange Quecksilbersäule in ihnen ganz auszukochen, und das Rohr dann in gehöriger Länge von 32 bis 32,5 Z., und etwas unter dem Niveau des Quecksilbers abzuschneiden, indem man sie rundum mit einer *scharfen englischen* Feile ritzt, und vorsichtig abbricht. Die gemeinen, zu Wetterbeobachtungen bestimmten Barometer und das Huygenssche werden dann auf ein flaches Barometerbrett gelegt, bei jenen die Flaschen, bei diesem die Cylinder in dasselbe eingelassen, und bei beiden Arten ist es am einfachsten, die

Scale nach einem genauen Normalbarometer zu reguliren. Bei Reisebarometern werden die Röhren bis zur Hälfte in das Holz eingelassen, und bekommen zugleich eine Unterlage von Papier, feinem Leder oder weichem Zeuge, und sind durch zwei oder drei messingene Halter mit untergelegtem Leder unbeweglich befestigt. Man giebt dem Holze, worin sie eingeschlossen sind, meistens die Cylinderform als die bequemste zum Transportiren, bestehend aus zwei Halbcylindern. deren einer als Deckel dient, und beim Beobachten in Charnieren beweglich aufgeschlagen wird. Nach dem Verschliefsen wird letzterer durch zwei kleine Häkchen a, b, und an beiden Enden durch die drehbaren messingnen Hülsen pp, qq verschlossen, an welcher oberen zugleich der Ring zum Aufhängen befestigt ist, deren Ränder aber beide zur Hälfte ausgeschnitten sind, um nach dem Herumdrehen den Deckel aufschlagen zu können. Weil aber nach dem Oeffnen desselben der Schwerpunct nicht mehr in die Axe des Cylinders fällt, so mufs der Künstler den Ring in der oberen Hülse so anbringen, dafs das aufgeschlagene Barometer stets lothrecht hängt, welches nur dann für jeden Barometerstand beim Heberbarometer möglich ist, wenn die Axe der beiden Schenkel, so weit die Scale reicht, in einer lothrechten Linie liegt. Für die Beobachtung ist es sehr nützlich, wenn die Röhre, so weit als die Scale reicht, frei liegt, und zu diesem Ende der hölzerne Halbcylinder, welcher das Barometer trägt, ausgeschnitten ist. In diesem Falle aber mufs entweder beim Verschliefsen wieder ein pafsliches Stück Holz in diese Oeffnung eingeschoben werden, um der Röhre zur Widerlage zu dienen, oder diese mufs an beiden Seiten fest anliegen, weil sie sonst bei starken Erschütterungen schleudert, und leicht zerbrochen wird. Die vorzüglichern, aber auch kostbareren Constructionen der Reisebarometer nach Horner und Fortin sind oben beschrieben.

Fig. 165.

Werden gut ausgekochte Barometerröhren umgekehrt, so bleibt das Quecksilber in der ganzen Röhre hängen, und es gehört nicht selten eine bedeutende Erschütterung dazu, bis es so weit herunterfällt, als der jedesmalige Barometerstand erfordert, es bleibt dann zuweilen ein Theil im oberen

Ende der Röhre hängen, und neigt man das Barometer wieder, so daſs das Quecksilber die ganze Röhre füllt; so bleibt es oft zum zweiten und auch zu mehreren Malen hängen. Wolf [1] erzählt die Beobachtungen dieser Art, welche schon Huygens, Brounker, Boyle und Wallis gemacht haben, und die wunderbaren Theorieen, welche man hieraus ableitete. Das Phänomen erklärt sich indeſs ganz einfach aus der Adhäsion des Quecksilbers an die Wände der Röhre, welche unmittelbar nach dem Auskochen wegen der innigen Berührung, worein beide gekommen sind, am stärksten ist, aber das Phänomen auch selbst bei unausgekochten Röhren erzeugt. Einige [2] wollen auch bemerkt haben, daſs das Quecksilber in Barometern unmittelbar nach einigen Oscillationen höher stehe, auch soll diese Erscheinung bei Heberbarometern anders als bei Gefäſsbarometern seyn. Es ist möglich, daſs sich etwas dieser Art bei einigen Barometern zeigt, und könnte vielleicht am stärksten bei denjenigen statt finden, welche beim Oscilliren der Quecksilbersäule leuchten, in welchem Falle man mit Toaldo auf elektrische Anziehung schlieſsen müſste. Als Regel kann man die Erscheinung aber nicht ansehen, indem sie nicht allgemein vorkommt. [3] Ferner soll nach Cassini, [4] Plantade, Le Monnier, de Lüc [5] und Lutz [6] die Quecksilbersäule in Gefäſsbarometern kürzer seyn, als in Heberbarometern, weswegen er vorschlägt, ersteres nach letzterem abzurichten und zur Regulirung beide zuweilen zu vergleichen. [7] Indem bei den Heberbarometern die ganze Masse des Quecksilbers in der Röhre schwebend erhalten wird, der kürzere Schenkel, weit

1 Nützliche Versuche. II. C. 3. §. 36.

2 Chiminello J. d. Ph. XII. 461. und nach verschiedenen Widersprüchen abermals in Memorie di Mat. e di Fisica della Soc. Ital. delle sc. XV. 1. 80. daraus in G. LIV. 358.

3 Ob wohl von Chiminello bei seinen Versuchen a. a. O. der Einfluſs der Wärme von den Händen und der Person desjenigen, welcher das Barometer schüttelte, gehörig berücksichtigt ist?

4 Mém. de l'Ac. 1733.

5 Recherch. §. 384.

6 Von Barometern §. 115.

7 Vergl. Busse bei G. LVIII. 329.

enger als das Gefäfs, stets mit Luft angefüllt ist, und daher eine stärkere Capillardepression hat, als der längere Schenkel, so kann die Quecksilbersäule hierin leicht etwas länger seyn, und bei sehr genauen correspondirenden Beobachtungen ist es daher räthlich, anzumerken, ob dieselben mit Heberbarometern oder Gefäfsbarometern angestellt werden sollen. Sind aber beide Barometer vollkommen genau gearbeitet, sucht man beim Heberbarometer den kürzeren Schenkel durch öfteres Auswischen möglichst rein zu erhalten und wird das Quecksilber im Gefäfse gegen Beschmutzung gesichert, welche leicht durch etwas Feuchtigkeit, oder nach Gay-Lüssac [1] aus etwas durch Fett gedämpftem Quecksilber besteht, so wird nicht leicht eine Differenz zwischen beiden statt finden.

Einer der wesentlichsten Theile des Barometers ist die Scale. Nach dem gleich im Anfange angegebenen Wesen des Barometers, wonach es aus einer, durch den Luftdruck in die Höhe gehobenen Quecksilbersäule besteht, kann dasselbe kein Individuum seyn [2], sobald sich in der Röhre nichts als reines Quecksilber befindet, da reines Quecksilber und gleicher Luftdruck als gleiche Bedingungen des Barometerstandes auch gleiche Wirkungen erzeugen müssen. Selbst *eine geringe, ohne genauere Prüfung nicht wahrnehmbare* Verunreinigung des Quecksilbers kann keine merkliche Differenzen erzeugen, weswegen bei zweckmäfsig eingerichteten Barometern die gemeine Voraussetzung eines richtigern oder unrichtigern Ganges auch durchaus unstatthaft ist. Indem aber dennoch verschiedene Barometer zuweilen eine gröfsere Differenz zeigen, als aus der Capillardepression folgt, so liegt die Ursache hiervon in der Regel an einem, bei der Theilung der Scale benutzten unrichtigen Mafsstabe.[3]

---

1 Ann. de Chim. et de Ph. I. 114.

2 Benzenberg bei G. XXXVI. 345.

3 Ehemals differirten verschiedene Barometer oft bedeutend. Lalande klagt hierüber Conn. des Temps. an VI. indem das von de Lüc nach Paris gebrachte Barometer $1\frac{3}{8}$ Lin. höher stand, als Messier's. Benzenberg verglich 15 Barometer von Frankfurt bis in die Schweitz, und fand keine gröfsere Differenz als 0,03 bis 0,04 p. Z. und bei eigentlich guten Barometern mufs der Unterschied noch weit geringer seyn. G. XXXVI. 351. Ein von mir verglichenes Fortin'sches Barometer und ein Heberbarometer von Loos gab für letzteres eine Differenz von + 0,02 Lin.

Die Mechaniker haben daher vor allen Dingen dahin zu sehen, dafs sie sich keines gemeinen und nicht hinlänglich geprüften Normalmafses bedienen [1].

Indem man bei jeder richtigen Beobachtung allezeit die absolute Länge der Quecksilbersäule von einem Niveau derselben bis zum andern messen mufs, beide Niveau's aber bei jeder Veränderung einander entgegengesetzt steigen oder fallen, so mufs man hierauf Rücksicht nehmen. Bei den Heberbarometern ist die von DE LÜC vorgeschlagene Einrichtung die sicherste und zweckmäfsigste, nämlich dafs man ohngefähr in der Mitte des Barometers den Nullpunct der Scale setzt, von hieraus dieselbe nach oben und unten gleichmäfsig theilt, an beiden Schenkeln ablieset, die erhaltenen Gröfsen addirt und hierdurch die ganze Höhe der Quecksilbersäule findet, wobei die geringe Mühe des doppelten Ablesens und Addirens im Verhältnifs der erreichten gröfseren Genauigkeit nicht in Betracht kommen kann. Andere Vorschläge, z. B. nach LUTZ [2] die Seile vom Niveau des kürzeren Schenkels mit 0 anfangend zu verzeichnen, dann die Barometerröhre an einem Wirbel vermittelst eines Fadens auf und niederzuziehen, und das Niveau des unteren Schenkels immer wieder auf 0 einzustellen, noch mehr aber Magellan's, [3] das Barometer um einen Punct, etwa den bei 0 des küreren Schenkels herumzudrehen, bis das Quecksilber in demselben diesen Anfangspunct mit seinem Niveau erreicht, den oben beschriebenen Bogen zu messen und hiernach die Höhe zu bestimmen, sind wegen minderer Genauigkeit und nicht hinlänglicher Festigkeit des Barometers unzulässig. Besser ist es, nach Lutz [4] die Scale beweglich zu machen, und den Nullpunct derselben bei jeder Beobachtung mit dem Niveau des untern Schenkel einzustellen. MAGELLAN's Vorschlag, das Quecksilber in einem ledernen Beutel, worin beide Schenkel stehen, so hoch oder so niedrig zu schrauben, dafs das Niveau im kürzeren Schenkel allezeit

1 S. *Mafs*.
2 a. a. O. §. 113.
3 J. d. Ph. XVIII. 108.
4 a. a. O. §. 153.

auf den festen Nullpunkt der Scale zu stehen komme, ist aus vielen Gründen verwerflich. Für die täglichen Wetterbeobachtungen ist das doppelte Ablesen und Addiren allerdings mühsam, aber auch das jedesmalige Verschieben der Röhre oder der Scale zu weitläuftig. Sollen daher solche Beobachtungen bloſs zur Vergleichung des Barometerstandes mit dem Gange der Witterung dienen, so genügen gemeine Flaschenbarometer oder Gefäſsbarometer, bei denen der Durchmesser der Röhre und des Quecksilberbehälters in einem nicht kleineren Verhältnisse als 1 : 10 stehen, weil dann die Differenz der beobachteten und der eigentlichen Barometerveränderung nicht mehr als + 0,01 beträgt. Will man aber den mittleren Barometerstand, oder bedeutende Barometerveränderungen genau haben, so genügt dieses nicht. Am besten hierzu ist es, die Correction wegen des Quecksilberstandes im Gefäſse in der Scale selbst zu corrigiren.

Bei Gefäſsbarometern nämlich kann man 1. entweder die Durchmesser der Röhre und des Gefäſses genau suchen, dann die Höhe bestimmen, welche das Quecksilber bei mittlerem Stande des Barometers im Gefäſse erreichen soll, hier den Anfang der Scale setzen, dann die Länge bis zum mittleren Stande genau messen, und von hier aus sowohl nach oben als auch nach unten die Scale so viel kürzer theilen, als die Correction wegen des Gefäſses erfordert[1]. Es sey z. B. der innere Durchmesser der Glasröhre = 2 Lin., der äussere = 2,5 Lin., der innere Durchmesser des Gefäſses 17 Lin., so verhalten sich die Quecksilbercylinder in der Röhre und im Gefäſse = $2^2 : 14,5^2$. Ist ferner der mittlere Barometerstand 28 Z., so macht man im Gefäſse ein Zeichen, welches das Niveau des Quecksilbers in demselben bei diesem Barometerstande erreichen soll, miſst von hier auf der Scale genau 28 Z. und theilt dieselbe von hieran nach oben und unten genau so, daſs $1\,Z. = \left(1 - \frac{2^2}{14,5^2}\right) = 0,980975$ Z. wird, welches mit einer Theilmaschine leicht, ohne diese aber nicht wohl anders zu bewerkstelligen ist, als wenn man die Differenz auf einen gröſseren Theil der Scale vertheilt.

---

1 Müller bei G. IV. 19.

Man gieſst dann so viel Quecksilber in das Gefäſs, daſs es genau das gemachte Zeichen mit dem Niveau erreicht, wenn es in der Röhre 28 Z. zeigt, oder man regulirt seinen Stand nach einem genauen Normalbarometer bei jeder beliebigen Höhe durch Zugieſsen oder Wegnehmen von Quecksilber im Gefäſse. Auf diese Weise sind die Scalen bei den von Loos verfertigten Gefäſsbarometern corrigirt. Diese Methode unterliegt indeſs dem Nachtheile, daſs beim Zerschlagen der Röhre auch die Scale unbrauchbar wird, wenn man nicht eine ganz gleiche Röhre wieder erhalten kann. Man kann 2. aber auch die Correction wegen des Gefäſses jederzeit berechnen. Dieses ist indeſs zu mühsam, und würde im beispielsweise angeführten Falle also erfordern, daſs man statt einer Beobachtung von etwa 5 Lin. unter oder über dem Normalstande $5 \times \left(1 + \frac{2^2}{14,5^2}\right)$ Lin. notirte. Bloſs in dem Falle, wenn das Verhältniſs 1 : 100 wäre, und man also statt 5 Lin., 5 + 0,05 Lin. aufzeichnen könnte, würde dieses ohne weitläuftige Rechnung möglich seyn. 3. Das Verschieben der Scale, indem man einen beliebigen Punct derselben nach einem vom Quecksilber im Gefäſse getragenen Schwimmer und einem auf demselben verzeichneten Striche einstellt, ist theils mühsam, theils wegen des niedrig hängenden Gefäſses und daraus leicht entstehenden parallaktischen Fehlers leicht unsicher und es ist daher viel sicherer und schärfer, wenn man 4. nach Horner's oben angegebener Methode das Niveau des Quecksilbers im Gefäſse jederzeit scharf einstellt.

Verschiedene anderweitige Vorschläge, den Einfluſs des Gefäſses mechanisch zu corrigiren, wird man gegenwärtig nicht mehr in Anwendung bringen, und sie haben bloſs noch historisches Interesse. Hierhin gehört der vom holländischen Künstler Prinz gemachte, welcher nach ihm den Namen des *Prinz'schen Gefäſses* oder auch der *Prinz'schen Fläche* erhalten hat. Das Quecksilber in dem weiten Gefäſse wird mit einem festen Deckel a b belegt, durch welchen die Barometerröhre so gesteckt ist, daſs beim höchsten Barometerstande neben derselben etwas Quecksilber herauftritt, und sich als Ring $\alpha\beta$ um die Röhre legt. Fällt dann das Barometer, so

Fig. 166.

soll sich dieser Ring als Fläche über dem Brette a b ausbreiten, ohne die Höhe des Quecksilbers im Gefäſse zu vermehren[1]. Einige Aehnlichkeit hiermit hat das von Changeux[2] vorgeschlagene Barometer, bei welchem eine seitwärts angebrachte horizontale Röhre so viel Quecksilber aufnimmt, als aus der eigentlichen Barometerröhre herabsinkt, so daſs das Niveau stets gleich erhalten wird. Die Figur erläutert genügend diese unbequeme Vorrichtung. Besser ist es, nach Schiavetto[3] eine eigene Scale am Gefäſse anzubringen, und hiernach die absolute Höhe der Quecksilbersäule zu corrigiren. Mehr der Prinz'schen ähnlich ist die von Voigt[4] vorgeschlagene Einrichtung, wonach sich das Quecksilber auf der Fläche des weiten Gefäſses a b ausbreiten soll.

Fig. 167.

Fig. 168.

Die Scale wird bei gewöhnlichen Barometern oft bloſs auf Papier gezeichnet. Für gemeine Wetterbeobachtungen ist dieses hinreichend, auch bei der vergröſserten Scale des des Huygensschen Doppelbarometers, wenn man das Papier auf Holz klebt, und dadurch die hygrometrische Ausdehnung desselben aufhebt. Für gröſsere Genauigkeit reicht eine *solche* nur bis halbe Duodecimallinien gehende Theilung nicht aus. Das Verzeichnen derselben auf Elfenbein giebt zwar eine bis 0,2 Lin. gehende Genauigkeit, und ist äuſserlich schön, allein es läſst sich dabei nicht gut ein Vernier anbringen. Der Mechanicus Loos in *Darmstadt ätzt die* Scale in Zehntheilen der par. Duodecimallinie unmittelbar auf die Röhre mit einer Schönheit und Genauigkeit, welche alle Forderungen befriedigt[5], und indem man den Stand dann mit einer Loupe ablesen kann, so lassen sich noch füglich 0,025 Lin. unterscheiden. Für Meerbarometer ist diese Methode gewiſs die vorzüglichste, allein man kann nicht verhehlen, daſs man theils die Parallaxe schwerer vermeidet[6], wenn man nicht beim Heberbarometer die Wölbungen des Queck-

1 Lutz Beschr. v. Bar. §. 131.
2 J. d. Ph. XXII. 387.
3 Lichtenb. Mag. IV. 1. 184.
4 Ebend. XI. 1. 98.
5 Vergl. Benzenberg bei G. XXXV. 189. Das leichte Verfahren, um in Glas zu ätzen, S. Art. *Fluor.*
6 Pistor bei G. XXXVI. 411.

silbers in beiden Schenkeln als gleich annimmt, und den Stand des Quecksilberrandes ablieset, welches eigentlich nur dann zulässig ist, wenn man beim Höhenmessen das nämliche Barometer unten und oben beobachtet. Ausserdem aber geht durch das Zerschlagen der Röhre die Scale mit zu Grunde, statt dafs man sonst nur eine neue Röhre einzusetzen nöthig hat. Am besten ist es daher, die Scale auf Messing aufzutragen, einen Nonius hinzuzufügen, und nach diesem die feineren Theile abzulesen.

Als absolutes Mafs der Scalen dient in England der Londoner Fufs, in den übrigen Ländern meistens der altfranzösische und das mètre, oder ein sonstiges übliches Längenmafs. Sowohl das Londoner als auch das altfranzösische Mafs trägt man am besten in Duodecimallinien auf, und lieset dann durch den Nonius Zehntel derselben ab, indem man 11 Lin. der Scale auf demselben in 10 Theile theilt, wobei man ohne Loupe noch nahe 0,025 Lin. schätzen kann. Kleinere Theile, als diese angegebenen in die Theilung zu bringen, ist für die Beobachtung unbequem, wie z. B. Hurter angegeben hat, da man doch nicht füglich eine Potenz weiter, also bis 0,01 Lin. gehen kann. Feiner und zugleich sehr bequem ist es, das metrische Mafs in Millimetern aufzutragen, und dann vermittelst des Verniers Zehntheile derselben (unbequemer nach Fortin Zwanzigstel) abzulesen, wodurch man etwas mehr als doppelt so kleine Theile erhält, als beim Linienmafse. Weil indefs verschiedene Tabellen für barometrische Höhenmessungen nach Linien berechnet sind, und sonst auch leicht die Barometerstände von Millimetern auf Linien und umgekehrt reducirt werden müssen, so ist nachfolgende Tabelle für den niedrigsten, im Luftballon schwerlich erreichbaren Barometerstand, bis zum höchsten berechnet. Es beträgt aber ein dixmillimètre 0,044329536 Lin. mithin darf man nur diese Zahl mit der Zahl der beobachteten dixmillim. multipliciren und zu der in der Tabelle stehenden Gröfse hinzuaddiren, um den in millim. und dixmillim. beobachteten Barometerstand in Linien und deren Theilen genau zu haben. Folgendes Täfelchen überhebt der Multiplication, und ist bis auf 0,001 Lin. genau.

mm.	Lin.	mm.	Lin.
0,1	0,0443	0,6	0,2659
0,2	0,0887	0,7	0,3103
0,3	0,1329	0,8	0,3546
0,4	0,1773	0,9	0,3989
0,5	0,2216	1,0	0,4433

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
300	132,989	330	146,287	360	159,586
1	133,432	1	731	1	160,030
2	875	2	147,174	2	473
3	134,319	3	617	3	916
4	762	4	148,061	4	161,360
5	135,205	5	504	5	803
6	648	6	947	6	162,246
7	136,092	7	149,391	7	689
8	535	8	834	8	163,133
9	978	9	150,277	9	576
310	137,422	340	720	370	164,019
1	865	1	151,164	1	463
2	138,308	2	607	2	906
3	751	3	152,050	3	165,349
4	139,195	4	494	4	792
5	638	5	937	5	166,235
6	140,081	6	153,380	6	679
7	525	7	824	7	167,122
8	968	8	154,267	8	566
9	141,411	9	710	9	168,009
320	855	350	155,153	380	452
1	142,298	1	597	1	896
2	741	2	156,040	2	169,339
3	143,184	3	483	3	782
4	628	4	927	4	170,225
5	144,071	5	157,370	5	669
6	514	6	813	6	171,112
7	958	7	158,256	7	555
8	145,401	8	700	8	999
9	844	9	159,143	9	172,442

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
390	172,885	430	190,617	470	208,349
1	173,329	1	191,060	1	792
2	772	2	504	2	209,235
3	174,215	3	947	3	679
4	658	4	192,390	4	210,122
5	175,102	5	833	5	565
6	545	6	193,277	6	211,009
7	988	7	720	7	452
8	176,432	8	194,163	8	895
9	875	9	607	9	212,338
400	177,318	440	195,050	480	782
1	761	1	493	1	213,225
2	178,205	2	936	2	668
3	648	3	196,380	3	214,112
4	179,091	4	823	4	555
5	535	5	197,266	5	998
6	978	6	710	6	215,442
7	180,421	7	198,153	7	885
8	865	8	596	8	216,328
9	181,308	9	199,040	9	771
410	751	450	483	490	217,215
1	182,194	1	926	1	658
2	638	2	200,369	2	218,101
3	183,081	3	813	3	545
4	524	4	201,256	4	988
5	968	5	699	5	219,431
6	184,411	6	202,143	6	875
7	854	7	586	7	220,318
8	185,297	8	203,029	8	761
9	741	9	473	9	221,204
420	186,184	460	916	500	648
1	627	1	204,359	1	222,091
2	187,071	2	802	2	534
3	514	3	205,246	3	978
4	957	4	689	4	223,421
5	188,401	5	206,132	5	864
6	844	6	576	6	224,308
7	189,287	7	207,019	7	751
8	730	8	462	8	225,194
9	190,174	9	905	9	637

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
510	226,081	550	243,812	590	261,544
1	524	1	244,259	1	988
2	967	2	699	2	262,431
3	227,411	3	245,142	3	874
4	854	4	586	4	263,317
5	228,297	5	246,029	5	761
6	740	6	472	6	264,204
7	229,184	7	916	7	647
8	627	8	247,359	8	265,091
9	230,070	9	802	9	531
520	514	560	248,245	600	977
1	957	1	689	1	266,421
2	231,400	2	249,132	2	864
3	844	3	575	3	267,307
4	232,287	4	250,019	4	750
5	730	5	462	5	268,194
6	233,173	6	905	6	637
7	617	7	251,348	7	269,080
8	234,060	8	792	8	524
9	503	9	252,235	9	967
530	947	570	678	610	270,410
1	235,390	1	253,122	1	853
2	833	2	565	2	271,297
3	236,276	3	254,008	3	740
4	720	4	452	4	272,183
5	237,163	5	895	5	627
6	606	6	255,338	6	273,070
7	238,050	7	781	7	513
8	493	8	256,225	8	957
9	936	9	668	9	274,400
540	239,380	580	257,111	620	843
1	823	1	555	1	275,286
2	240,260	2	998	2	730
3	709	3	258,441	3	276,173
4	241,153	4	884	4	616
5	596	5	259,328	5	277,060
6	242,039	6	771	6	503
7	483	7	260,214	7	946
8	926	8	658	8	278,390
9	243,369	9	261,101	9	833

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
630	279,276	670	297,008	710	314,740
1	719	1	451	1	315,183
2	280,163	2	895	2	626
3	606	3	298,338	3	316,070
4	281,049	4	781	4	513
5	493	5	299,224	5	956
6	936	6	668	6	317,400
7	282,379	7	300,111	7	843
8	822	8	554	8	318,286
9	283,266	9	998	9	729
640	709	680	301,441	720	319,173
1	284,152	1	884	1	616
2	596	2	302,328	2	320,059
3	285,039	3	771	3	503
4	482	4	303,214	4	946
5	926	5	657	5	321,389
6	286,369	6	304,101	6	833
7	812	7	544	7	322,276
8	287,255	8	987	8	719
9	699	9	305,430	9	323,162
650	288,142	690	874	730	606
1	585	1	306,317	1	324,049
2	289,029	2	760	2	492
3	472	3	307,204	3	936
4	915	4	647	4	325,379
5	290,359	5	308,090	5	822
6	802	6	534	6	326,265
7	291,245	7	977	7	709
8	688	8	309,420	8	327,152
9	292,132	9	864	9	595
660	575	700	310,307	740	328,039
1	293,018	1	750	1	482
2	462	2	311,193	2	925
3	905	3	637	3	329,369
4	294,348	4	312,080	4	812
5	791	5	523	5	330,255
6	295,235	6	967	6	698
7	678	7	313,410	7	331,142
8	296,121	8	853	8	585
9	565	9	314,297	9	332,028

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
750	332,472	760	336,905	770	341,337
1	915	1	337,348	1	781
2	333,358	2	791	2	342,224
3	801	3	338,234	3	667
4	334,245	4	678	4	343,111
5	688	5	339,121	5	554
6	335,131	6	564	6	997
7	575	7	340,008	7	344,441
8	336,018	8	451	8	884
9	461	9	894	9	345,327

Folgende Beispiele mögen den Gebrauch dieser Tabelle erläutern. Meistens wird der Barometerstand in drei Decimalstellen des Meters angegeben, und dann giebt die Tabelle denselben in Linien des par. Z. unmittelbar. Ist daher z. B. derselbe $= 0^m,758$, so giebt die Tabelle 336,018 par. Lin. Wäre aber der mittlere Barometerstand $= 0^m,76235$ angegeben, so betragen nach der grofsen Tabelle:

$0^m,762$ 337,791

nach der kleinen

$0^m,0003$ 0,0887

$0^m,00005$ 0,02216

$0^m,76235$ 337,90186

Man sieht bald, dafs die kleine Tabelle allein zur Reduction ausreicht, und die gröfsere entbehrt werden könnte, wenn sie nicht die Bequemlichkeit gewährte, bei der Reduction der gewöhnlichen Barometerstände sogleich aller Rechnung zu überheben.

Die gröfsere Tabelle dient indefs auch zur Reduction der in Linien gemessenen Barometerstände auf Meter. Es sey z. B. beobachtet 336,54 Lin., so giebt die Tabelle den nächsten genäherten Werth $= 0^m,759$. Genauer aber ist $336,54 - 336,461 = 0,079$, und $336,905 - 336,461 = 0,444$ also ist 336,54 par. L. genau $= 0^m,759 + \frac{0,079}{0,444}$ millim. $= 0,^m759178$.

Bei den Barometern verlangt man die absolute Höhe der durch den Luftdruck getragenen Quecksilbersäule. Zwei Bedingungen sind es indefs, welche diese modificiren, näm-

lich die Temperatur und die Capillardepression. Rücksichtlich der ersteren folgt, daſs eine Quecksilbersäule von gegebener Länge und gegebenem Gewichte bei 0° Temperatur ohne Veränderung des Gewichtes dennoch durch Temperaturerhöhung sich ausdehnen, mithin länger und auch kürzer werden kann, und da man die Gröſse ihres Druckes vermittelst der Scale bloſs nach ihrer Länge bestimmt, so versteht sich, daſs man diese letztere stets nach der Wärme corrigiren, und deswegen jedes gute Barometer mit einem Thermometer versehen muſs. Indem es bei diesen Thermometern nicht darauf ankommt, daſs sie geringe Veränderungen der Wärme schnell anzeigen, sondern eine gleiche Temperatur mit dem Quecksilber des Barometers haben, so sind solche mit dickeren Cylindern und langen Scalen für genauere Beobachtungen am besten geeignet. Auſserdem müssen sie auf allen Fall in die Hülle des Barometers eingeschlossen, und nach Horner's Vorschlage[1] der Barometerröhre selbst so nahe als möglich gebracht seyn, um genau die Temperatur des Quecksilbers in der letzteren anzuzeigen. Zwei Thermometer mit sehr langen Cylindern, eins im kurzen und eins im langen Schenkel des Barometers nach Prechtl's Angabe[2] anzubringen, ist unausführbar, wenn das Quecksilber sowohl im Barometer als auch im Thermometer gehörig ausgekocht werden soll. Uebrigens machte Amouton[3] zuerst auf diese Correction aufmerksam, allein andere, als de la Hire, du Fay, Beighton[4] bestritten den Einfluſs der Wärme auf die ausgekochten Barometer, bis de Lüc[5] die an sich klare Behauptung aus Theorie und Erfahrung erwies. Um indeſs den Einfluſs der Wärme genau zu corrigiren, muſste man die Ausdehnung des Quecksilbers mit Sicherheit finden, und es ist oben[6] erwähnt, wie verschieden die Angaben hierüber waren. Hinsichtlich auf die Correction der Barometerhöhen folgte man meistens den Angaben von de Lüc[7],

1 S. oben.

2 Jahrbuch des Polytechn. Inst. IV. 288.

3 Mém. de Par. 1740.

4 Phil. Tr. XL. 248.

5 Recherch. §. 355.

6 S. *Ausdehnung*.

7 a. a. O. Vergl. Kaestner Anmerkungen über die Markscheidekunst. Gött. 1775. 8. §. 295 ff.

Shuckburgh[1], Roy[2], und Rosenthal[3], oder nahm aus den verschiedenen Bestimmungen das Mittel, wie Lutz[4], und änderte dieses zuweilen noch für die Bequemlichkeit der Berechnung ab, wie Gerstner[5]. Zur Ersparung einer stets wiederholten mühsamen Rechnung verfertigte Schlögl[6] Tabellen für die Wärmecorrection der Barometerstände von 20 bis 29 Z. nach der 80theil. Scale, worin aber die Ausdehnung des Quecksilbers für 1° C. zu klein $= \frac{1}{5891}$ angenommen ist. Späterhin corrigirte man allgemein den Einfluſs der Wärme nach La Place's und Lavoisier's Angabe der Ausdehnung des Quecksilbers für 1° C. $= \frac{1}{5412}$. Gegenwärtig ist diese Bestimmung möglichst genau durch Dulong und Petit gefunden, und somit die Formel für die Wärmecorrection von selbst gegeben, indem man meistentheils weit einfacher als früherhin die Temperatur bei 0° als normal annimmt, und auf diese reducirt. Indem nämlich bloſs die absolute Länge der Quecksilbersäule gefunden werden soll, letztere aber so viel leichter oder schwerer, mithin bei unverändertem Gewichte so viel länger oder kürzer wird, als die Ausdehnung oder Zusammenziehung des Quecksilbers beträgt, so ist für t Grade C. über oder unter 0° die beobachtete Länge $=$ L gesetzt, die corrigirte $L' = L\left(1 \mp \frac{t}{5550}\right)$.

Für diese Correction hat Winckler[7] Tafeln berechnet, welche indeſs nur die Barometerstände von 23 bis 29 Z. und die Thermometerunterschiede von 0° bis 10° R. umfassen. Hier-

1 Phil. Tr. LXVII. n. 29. 2 Ebend. n. 34.

3 Beiträge zur Verfertigung, Kenntniſs und Gebrauch meteorol. Werkzeuge. Gotha 1782—84. 2 Vol. 8.

4 Beschreib. von Bar. §. 77.

5 Beobachtungen über d. Gebrauch d. Barometers bei Höhenmessungen u. s. w. Dresden 1791. 4. p. 279.

6 Tabulae pro reductione quorumvis statuum barometri cet. Monachi et Ingolstad. 1787. 4.

7 Tafeln, um Barometerstände, die bei verschiedenen Wärmegraden beobachtet worden sind, auf jede beliebige Normaltemperatur zu reduciren von C. L. G. Winckler. Halle 1820. 4.

bei ist aber noch Folgendes zu berücksichtigen. Ist die Scale von Papier gemacht und auf Holz geklebt, oder ist eine nur wenige Zolle lang messingene Scale oben angebracht, so ist die angegebene Wärmecorrection völlig zulässig. Schwierig ist die Entscheidung hierüber, wenn jeder Schenkel des Heberbarometers eine besondere Scale hat, indem dann nicht genau angegeben werden kann, nach welcher Seite hin und um welche Gröfse die Scalen sich ausdehnen. Will man daher die Ausdehnung durch Wärme vollständig genau corrigiren, so mufs entweder die Scale auf Glas geätzt oder auf einen, der ganzen Länge der Quecksilbersäule völlig oder mindestens nahe gleichen Messingstab, oder auf die das Barometer einschliefsende messingene Röhre, wie nach Fortin's und Horner's Einrichtung, aufgetragen seyn. Indem dann sowohl die Glasröhre als auch die Messingstange sich nach der nämlichen Seite hin ausdehnen, wie das Quecksilber, so hebt ihre Ausdehnung die des letzteren um ihren aliquoten Theil auf. Wird demnach die Ausdehnung des Glases[1] zwischen den festen Puncten des Thermometers nach Horner $= 0{,}000921$, also für 1° C. $= \frac{1}{108577{,}5}$; die des Messings aber $= 0{,}001903$, also $= \frac{1}{52548{,}6}$ angenommen, so wäre hiernach für die in Glas geätzten Scalen $L' = L\left(1 \mp t\left(\frac{1}{5550} - \frac{1}{108577{,}5}\right)\right)$ für messingene Scalen aber $L' = L\left(1 \mp t\left(\frac{1}{5550} - \frac{1}{52548{,}6}\right)\right)$. Indem nun jene Differenz nahe $\frac{1}{19{,}6}$; diese aber nahe $\frac{1}{9{,}5}$ beträgt, so kann man vorzüglich in Beziehung auf die letztere Gröfse, weil die Messingstange oder die einschliefsende Messingröhre selten völlig so lang ist als die Quecksilbersäule, für jenes unbedenklich $\frac{1}{20}$ und für dieses $\frac{1}{10}$ setzen, mithin von der berechneten, oder aus der nachstehenden Tabelle entnommenen Correction bei geätzten Barometern nur 0,05, bei solchen mit messingener Scale 0,1 der Correction abziehen, es mag

1 S. *Ausdehnung*.

in der Formel für Grade über 0 das obere oder für Grade unter 0 das untere Zeichen gelten.

Die von Rosenthal[1], Lamanon[2] u. a. gethanen Vorschläge, die Scale nach Angabe des Thermometers am Barometer höher oder niedriger zu schieben, und auf diese Weise den Einfluſs der Wärme ohne Rechnung zu corrigiren, sind nur da anwendbar, wo es auf Genauigkeit nicht ankommt. Besser ist der oft in Anwendung gebrachte Vorschlag von Haas[3], neben der Thermometerscale eine Correctionsscale anzubringen, wonach man für jeden Grad R. über oder unter dem Normalpuncte $0^m,05$ par. abzieht oder zusetzt. Indeſs paſst dieses nicht für jeden Normalstand des Barometers, und ist daher gleichfalls zu wenig genau. Einen sehr sinnreichen Mechanismus, wonach die Correction wegen der Wärme auch mit Rücksicht auf den Stand des Barometers von 26 Z. 6 L. bis 28 Z. 6 L. mechanisch corrigirt wird, hat J. H. Müller bekannt gemacht[4]. Allein da vollkommene Genauigkeit dadurch doch nicht erreicht wird, und auſserdem die Anwendung dieses Mittels schwieriger seyn dürfte, als eine einfache Addition oder Subtraction nach der folgenden Tabelle, so wird eine bloſse Erwähnung genügen.

Die Correction des Barometerstandes wegen der Wärme, oder die Reduction der Barometerbeobachtungen auf 0° C. als meistens angenommene Normaltemperatur, erfordert für jeden einzelnen Fall eine mühsame und langweilige Rechnung. Um dieser überhoben zu seyn, ist die nachfolgende Tabelle für alle Barometerstände von $0^m,400$ bis $0^m,800$ von 10 zu 10 Millim. und für die zugehörigen Thermometerstände von 0° bis 32° C. nach der Formel $L' = L\left(1 \mp \frac{t}{5550}\right)$ berechnet. Für das neufranzösische Maſs ist sie deswegen eingerichtet, weil dieses für physikalische Apparate, namentlich für Barometerscalen am geeignetsten und bereits sehr allgemein eingeführt ist, und auſserdem nach der oben gegebenen Tabelle die in altfranz. Fuſsmaſs gemessenen Barometerstände leicht hierauf reducirt werden können. Der Gebrauch der in der Tabelle enthaltenen Zahlen ergiebt sich

1 Anleitung, das de Lücsche Barometer zu einem höheren Grade der Vollkommenheit zu bringen. Gotha 1779. 8. 2 J. de Ph. 1782.
3 Gren J. VII. 238. 4 G. IV. 23.

leicht. Indem die Formel nämlich fordert, daſs die durch den Einfluſs der Temperatur erzeugte Verlängerung oder Verkürzung der Quecksilbersäule für alle Grade der Centesimalscale über 0° abgezogen, unter 0° aber zuaddirt werden, so sind diese Gröſsen in der Tabelle in Dixmillim. berechnet, und werden sonach für die obenstehenden Grade abgezogen oder zuaddirt, wie folgende Beispiele zeigen.

1. Wenn der Barometerstand bloſs bis auf Centimeter angegeben ist, so giebt die Tabelle die Correction unmittelbar. Es sey z. B. der Barometerstand $0^m,75$, der Thermometerstand 15° C. angegeben; so giebt die Tabelle hierfür 2027, also ist der corrigirte Barometerstand $= 0^m,75 - 0^m,002027 = 0^m,747973$. Wäre aber der Barometerstand $= 0^m,72$ und der Thermoterstand $= -2°$ C. angegeben, so wäre der corrigirte $= 0^m,72 + 0^m,000259 = 0^m,720259$.

2. Ist dagegen, der Barometerstand bis auf Millim. oder Dixmillim. angegeben, so erfordert die Tabelle eine ohne zu groſse Weitläuftigkeit unvermeidliche Interpolation. Die Uebersicht der Tabelle ergiebt indeſs, daſs die Unterschiede für einzelne Millim. meistens erst in die millimilim. fallen, und folglich füglich vernachlässigt werden können, indem man diejenigen Gröſsen, welche unter 5^{mm} betragen, nach der vorhergehenden, welche aber über 5^{mm} betragen, nach der folgenden Reihe corrigirt. Es sind daher nur die Differenzen der Thermometergrade zu interpoliren. Ist z. B. $0^m,758$ bei 13°,6 beobachtet auf 0° zu reduciren, so giebt die Tabelle für 760 und 13° $= 1780$, für 14° $= 1917$. Es ist aber $1917 - 1780 = 137$, mithin die Correction $= \mp 0,001780 + (137 \times 0,6) = 1856$, also der reducirte Barometerstand für Grade über $0 = 0^m,75615$ für Grade unter $0 = 0^m,75985$. Endlich ist von selbst klar, daſs bei der Vergleichung von zwei Barometerständen bloſs der eine für die Differenz der Temperaturen corrigirt werden muſs, um beide z. B. bei Höhenmessungen, vergleichen zu können. Wäre also der eine bei 15° C. der andere bei 10° beobachtet, so würde es genügen, dem letzteren die Correction für 5° C. hinzuzusetzen.

mm.	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
400	072	144	216	288	360	432	504	577
10	074	148	221	295	369	443	516	591
20	076	152	227	302	378	454	529	606
30	078	155	232	309	387	465	541	620
40	079	158	238	316	396	476	554	635
50	081	162	243	324	405	486	567	649
60	083	166	248	331	414	497	580	663
70	085	170	254	338	423	508	593	678
80	087	173	259	345	432	519	605	692
90	088	176	264	352	441	530	618	707
500	090	180	270	360	450	540	630	721
10	092	184	275	367	459	551	642	735
20	094	188	281	375	468	562	655	750
30	096	191	287	380	477	573	667	764
40	098	194	292	387	486	584	680	779
50	099	198	297	396	495	594	693	793
60	101	202	302	403	504	605	705	807
70	103	206	308	410	513	616	718	822
80	105	209	313	418	522	627	730	836
90	106	212	319	425	531	638	743	850
600	108	216	324	432	540	648	757	865
10	110	220	330	439	549	659	769	879
20	112	224	335	446	558	670	781	894
30	115	227	341	454	567	681	794	908
40	116	230	346	461	576	692	807	922
50	117	234	351	469	585	702	819	937
60	119	238	356	476	594	713	831	951
70	121	241	362	484	603	724	844	966
80	123	245	367	491	612	735	856	980
90	124	249	373	498	621	746	869	995
700	126	252	378	505	631	757	883	1009
10	128	256	383	512	640	768	896	1023
20	130	259	389	520	649	779	908	1038
30	132	263	394	527	658	790	921	1052
40	134	267	400	534	667	800	933	1067
50	135	270	405	541	676	811	946	1081
60	137	274	410	548	685	822	959	1095
70	139	277	416	556	694	833	971	1110
80	141	281	421	563	703	844	984	1124
90	143	284	427	570	712	855	997	1139

mm.	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°
400	649	721	793	865	937	1009	1081	1153
10	665	739	813	886	960	1034	1108	1182
20	681	757	833	908	984	1059	1135	1211
30	697	775	853	930	1007	1084	1162	1240
40	714	793	873	952	1030	1109	1189	1269
50	730	811	892	973	1054	1135	1216	1297
60	746	829	912	994	1077	1160	1243	1326
70	762	847	932	1016	1100	1185	1270	1355
80	778	865	952	1038	1123	1210	1297	1383
90	795	883	972	1060	1147	1235	1326	1412
500	811	901	991	1081	1171	1261	1351	1441
10	827	919	1011	1102	1194	1286	1378	1470
20	843	937	1031	1124	1218	1311	1405	1499
30	860	955	1051	1146	1241	1336	1432	1528
40	876	973	1071	1168	1264	1361	1459	1557
50	892	991	1090	1189	1288	1387	1486	1586
60	908	1009	1110	1210	1311	1412	1513	1615
70	924	1027	1130	1232	1334	1437	1540	1644
80	640	1045	1150	1253	1358	1462	1567	1673
90	956	1063	1170	1275	1382	1487	1594	1702
600	973	1081	1189	1297	1405	1513	1621	1730
10	989	1099	1209	1318	1428	1538	1648	1759
20	1005	1117	1229	1340	1451	1563	1675	1788
30	1022	1135	1249	1362	1474	1588	1702	1817
40	1038	1153	1269	1383	1498	1613	1729	1846
50	1054	1171	1288	1405	1522	1639	1756	1875
60	1070	1189	1308	1426	1545	1664	1783	1904
70	1086	1207	1328	1448	1569	1689	1810	1933
80	1103	1225	1348	1470	1592	1714	1837	1962
90	1119	1243	1368	1492	1616	1740	1864	1991
700	1135	1261	1387	1514	1640	1766	1892	2019
10	1151	1279	1407	1536	1663	1791	1919	2048
20	1167	1297	1427	1557	1687	1816	1946	2077
30	1183	1315	1447	1580	1710	1841	1973	2106
40	1200	1333	1467	1600	1733	1866	2000	2134
50	1216	1351	1486	1622	1757	1892	2027	2163
60	1232	1379	1506	1644	1780	1917	2054	2192
70	1249	1397	1526	1665	1804	1942	2081	2221
80	1265	1405	1546	1687	1827	1967	2108	2250
90	1280	1423	1566	1708	1850	1992	2135	2289

mm.	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°
400	1225	1297	1369	1441	1513	1585	1657	1729
10	1255	1330	1403	1477	1551	1624	1698	1772
20	1286	1362	1437	1513	1589	1664	1740	1815
30	1316	1395	1471	1549	1627	1703	1781	1859
40	1347	1427	1515	1585	1664	1743	1822	1902
50	1378	1459	1540	1621	1703	1782	1864	1946
60	1409	1491	1574	1657	1740	1822	1906	1989
70	1440	1524	1608	1693	1777	1862	1948	2032
80	1470	1556	1642	1729	1815	1901	1989	2075
90	1500	1589	1676	1765	1853	1941	2030	2118
500	1531	1621	1711	1802	1891	1981	2071	2161
10	1561	1653	1745	1838	1929	2021	2112	2204
20	1592	1686	1779	1874	1967	2060	2154	2247
30	1623	1718	1813	1910	2005	2100	2195	2291
40	1653	1751	1847	1946	2043	2140	2237	2334
50	1684	1783	1882	1982	2080	2179	2278	2377
60	1715	1816	1916	2018	2119	2219	2320	2421
70	1746	1848	1950	2054	2156	2258	2361	2464
80	1777	1871	1984	2090	2194	2298	2403	2507
90	1807	1903	2019	2126	2232	2338	2444	2551
600	1838	1946	2054	2162	2270	2378	2486	2594
10	1869	1978	2089	2198	2307	2417	2527	2637
20	1900	2011	2123	2234	2345	2457	2568	2680
30	1930	2043	2157	2270	2383	2497	2610	2724
40	1960	2076	2191	2306	2421	2536	2651	2767
50	1991	2108	2225	2342	2459	2576	2692	2810
60	2022	2140	2259	2378	2496	2616	2734	2854
70	2053	2173	2294	2414	2534	2655	2776	2897
80	2084	2206	2328	2450	2572	2695	2818	2941
90	2114	2238	2362	2486	2610	2734	2859	2984
700	2145	2271	2397	2523	2648	2774	2900	3027
10	2176	2303	2431	2560	2686	2813	2941	3070
20	2206	2336	2465	2596	2723	2853	2983	3113
30	2237	2368	2498	2632	2761	2892	3024	3157
40	2268	2400	2533	2668	2799	2932	3065	3200
50	2298	2433	2568	2702	2837	2972	3107	3244
60	2329	2466	2602	2738	2875	3012	3148	3287
70	2360	2500	2636	2774	2913	3052	3190	3330
80	2390	2532	2671	2810	2951	3091	3231	3373
90	2420	2564	2705	2846	2989	3131	3273	3417

mm.	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°
400	1801	1873	1945	2017	2089	2162	2234	2306
10	1846	1920	1993	2067	2141	2216	2290	2363
20	1891	1967	2042	2118	2193	2270	2346	2421
30	1936	2014	2090	2168	2246	2324	2402	2479
40	1981	2060	2139	2219	2298	2378	2458	2536
50	2026	2107	2188	2269	2350	2432	2513	2594
60	2071	2154	2236	2319	2402	2486	2569	2652
70	2116	2200	2285	2370	2454	2540	2625	2709
80	2161	2247	2333	2420	2507	2594	2681	2767
90	2206	2294	2382	2471	2559	2648	2737	2824
500	2251	2341	2431	2521	2612	2702	2792	2882
10	2296	2388	2480	2571	2664	2756	2848	2940
20	2341	2435	2528	2622	2716	2810	2904	2997
30	2386	2482	2577	2672	2769	2864	2960	3055
40	2431	2529	2625	2723	2822	2918	3016	3112
50	2477	2575	2674	2773	2873	2972	3071	3170
60	2522	2622	2722	2823	2925	3026	3127	3228
70	2567	2669	2771	2874	2977	3080	3183	3285
80	2612	2716	2820	2925	3030	3134	3239	3343
90	2657	2763	2869	2975	3082	3188	3295	3401
600	2702	2810	2918	3026	3135	3243	3351	3459
10	2747	2857	2966	3076	3187	3297	3407	3516
20	2792	2904	3015	3127	3239	3351	3463	3574
30	2837	2951	3064	3177	3292	3405	3519	3632
40	2882	2998	3112	3228	3344	3459	3575	3689
50	2928	3044	3161	3278	3396	3513	3630	3747
60	2973	3091	3209	3328	3448	3567	3686	3805
70	3018	3138	3258	3379	3500	3621	3742	3862
80	3063	3185	3307	3430	3553	3675	3798	3920
90	3108	3232	3356	3480	3605	3729	3854	3978
700	3153	3279	3405	3531	3658	3784	3910	4036
10	3198	3326	3453	3581	3710	3838	3966	4094
20	3243	3373	3502	3632	1762	3892	4022	4151
30	3288	3420	3550	3682	3815	3946	4078	4209
40	3333	3467	3599	3733	3867	4000	4134	4267
50	3379	3513	3648	3783	3919	4054	4189	4324
60	3424	3560	3696	3833	3971	4108	4245	4381
70	3469	3617	3745	3884	4023	4162	4301	4439
80	3514	3654	3794	3934	4076	4216	4357	4497
90	3559	3701	3843	3985	4128	4270	4413	4555

Ungleich schwerer läſst sich die zweite Bedingung finden, welche bei der Bestimmung der absoluten Länge der Quecksilbersäule zu berücksichtigen ist, nämlich der Einfluſs der Capillardepression,[1] welche dem Durchmesser der Röhre umgekehrt proportional ist, und mit Recht für eine Folge des dem Quecksilber anhängenden geringen Antheils von Luft und Wasser gehalten wird.[2] Indem diese aber mehr oder minder durch sorgfältiges Auskochen weggeschaft werden, so muſs auch die Capillardepression bei verschiedenen Barometern verschieden seyn, und sie ist allezeit um so viel stärker, je mehr die Quecksilbersäule an ihrem Ende halbkugelförmig gewölbt ist. Hat das Quecksilber gar keine Convexität, ist vielmehr die Oberfläche desselben ganz eben, so findet gar keine Capillardepression statt, man kann die Scale vom Rande der Quecksilbersäule ablesen, und die ungleiche Weite der Röhre kommt nicht in Betrachtung. Die Wahrheit dieser Behauptung ergiebt sich aus einem sehr schätzbaren Barometer, welches Ciarcy für G. G. Schmidt in Gieſsen verfertigt hat.[3] Dieses besteht aus einer Röhre A von mittlerer Weite, welche in drei von sehr ungleichem Durchmesser endigt. Läſst man das Quecksilber in demselben oscilliren, so bemerkt man allerdings eine langsamere Bewegung desselben in dem Haarröhrchen c, allein nach einer gelinden Erschütterung steht es bei a, b und c in einer völlig horizontalen Ebene und jede Säule endigt in eine ebene Fläche. Einige Physiker wollen statt einer Capillardepression vielmehr eine Attraction wahrgenommen haben, wie aus der concaven Oberfläche des Quecksilbers hervorgehe. Biot[4] äuſsert dieses im Allgemeinen, J. T. Mayer desgleichen[5], Casbois[6] giebt sie sogar bis zum Betrage von 2 — 3 Lin. an, Laplace[7] behauptet das Nämliche von seinen mit Lavoisier angestellten Versuchen, Parrot[8] will sie gleichfalls gefunden haben,

Fig. 169.

1 S. *Capillarität.*

2 Bellani in Brugnatelli Giorn. III. 291.

3 Schmidt Naturlehre. p. 156.

4 G. XXV. 245.

5 Naturlehre §. 115. Anm.

6 Hauy Seances de l'École normale III. 40. Traité élém. de Phys. §. 193.

7 G. XXXIII. 15.

8 Naturlehre 1. §. 448. Anm.

aber nicht so, dafs sie sich auf die Dauer erhielt, vielmehr bekamen die Barometer nach einigen Stunden die gewöhnliche Convexität wieder. Dafs wohl auf kurze Zeit eine durch die Concavität der Oberfläche des Quecksilbers kenntliche Capillarattraction statt finden könne, ist um so weniger zu bezweifeln, als das Quecksilber unmittelbar nach dem Auskochen an der Röhre festhängt, allein sobald es einmal getrennt ist, gehört der Fall unter die höchst seltenen, indem sicher bis jetzt noch nicht viele Barometer mit ebener Quecksilberfläche existiren. Uebrigens ist es eine wichtige Aufgabe für die Künstler, dahin zu streben, dafs durch ein nach oben angegebener Methode vollständiges Auskochen der Barometer die Capillardepression völlig aufgehoben werde.

Der Einflufs der Capillardepression würde bei Heberbarometern wegfallen, wenn man sie in beiden Schenkeln gleich annehmen könnte. Dieses ist indefs nicht wohl möglich, weil der eine luftleer ist, der andere aber mit der äufsern Luft in Verbindung steht, und man wird daher bei guten Barometern auch allezeit einen Unterschied der Convexität beider Flächen wahrnehmen. Im Allgemeinen ist es bei guten Barometern genügend, den Stand derselben nach dem höchsten Puncte der gewölbten Fläche, oder nach der Tangente an diesen zu messen, dieses bei beiden Schenkeln der Heberbarometer zu thun, und bei Gefäfsbarometern die Depression des Quecksilbers im Gefäfse als verschwindend zu vernachlässigen. Eine Berechnung der Depression blofs als Function des Durchmessers der Röhren ist durchaus unzulässig, weil die Beschaffenheit des Glases und insbesondere zugleich die Vollständigkeit des Ausgekochtseyns dabei gleichfalls in Betrachtung kommt. Indefs hat man wiederholt die Stärke der Depression als Function der Durchmesser der Röhren berechnet. Cavendish[1] fand bei

0,6 Z. Durchmesser die Depression = 0,005 Z.
0,5 — — — = 0,007 Z.
0,4 — — — = 0,015 Z.

Laplace hat nach seiner Theorie und mit Benutzung der

1 Phil. Trans. 1776.

durch Haüy und Tremery aus ihren Versuchen gefundenen constanten Gröfsen folgende Tabelle in Millimètres berechnet.[1]

Durchm.		Depression.	Durchm.		Depression.
2	=	4,5599	11	=	03,506
3	=	2,9023	12	=	0,2602
4	=	2,0388	13	=	0,2047
5	=	1,5065	14	=	0,1597
6	=	1,1482	15	=	0,1245
7	=	0,8813	16	=	0,0970
8	=	0,6851	17	=	0,0754
9	=	0,5354	18	=	0,0586
10	=	0,4201	19	=	0,0430
			20	=	0,0352

Die einzige Art, die Depression genau zu berechnen, ist durch Schleiermacher und Eckhart auf Berechnungen nach Laplace's Formel und eigene genaue Versuche gegründet.[2] Nennt man die Höhe der Chorde des Meniscus, welcher das Quecksilber bildet, = a, den Halbmesser der Röhre = b, so ist für die in horizontaler Linie stehenden Werthe von a, und die verticalen von b, beide in Millimetern,

Depression in Millimetern.

.	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,5	4,975	12,560	8,912	12,616							
1,0	1,262	4,377	2,450	5,581	6,098	6,171					
2,0	0,299	1,152	0,595	1,643	2,037	2,338	2,541	2,658	2,681	2,699	2,712
3,0	0,121	0,476	0,242	0,695	0,839	1,066	1,206	1,316	1,397	1,449	1,475
4,0	0,068	0,240	0,120	0,354	0,460	0,546	0,530	0,702	0,758	0,805	0,858
5,0	0,034	0,069	0,138	0,205	0,247	0,299	0,308	0,390	0,428	0,468	0,476

Barometer für Wetterbeobachtungen hängen gewöhnlich in Zimmern an einer Wand unbeweglich fest, Seebarometer sind nach der oben angegebenen Art an einem hervorstehenden Arme freischwebend balancirt, für Reisebarometer hat man Stative, aus drei zu einem Stabe zusammengelegten Füfsen bestehend, wie oben nach Englefield und Fortin beschrieben ist, in Vorschlag gebracht. Bei Bergreisen sucht man indefs so leicht, wie möglich zu seyn, und vermeidet

1 Biot Traité. I. 90. Vergl. G. XXXIII. 112. Eine ausführlichere Tabelle S. *Capillarität.*

2 Delcros in Bibl. univ. 1818. May. p. 1. ff.

gern aufser dem Barometer selbst noch ein Stativ zu tragen. Am einfachsten und sichersten ist es, einen gebogenen Haken Fig. mit einer scharfen Holzschraube c mit sich zu führen, die-170. sen in einen Baum oder Ast einzuschrauben, an das Ende ab das Barometer vermittelst eines Ringes zu hängen, und zu gröfserer Sicherheit den kleinen Stift *a* vorzustecken, um gegen das Abgleiten gesichert zu seyn. Einen geeigneten Baum oder Strauch, um diesen Haken einzuschrauben, findet man leicht überall, und auf nackten Felsen dient hierzu bequem ein Alpenstock, welchen man zwischen Steinen feststellt oder durch einen Gefährten halten läfst. Ist die Quecksilbersäule nach einigen Schwankungen zum Stillstande gekommen, so wird nach der oberen Wölbung oder nach der Tangente an dieselbe abgelesen, wobei die Parallaxe sorgfältig zu vermeiden ist. Am sichersten geschicht dieses vermittelst der durch Horner der Barometerscale gegebenen Einrichtung, auch pflegt man allezeit einigemale mit dem Finger das Instrument zu erschüttern, damit die Quecksilbersäule durch stets abnehmende Schwankungen ihre wahre Länge erhalte. Vorzüglich ist dahin zu sehen, dafs das Barometer vertical hänge, welches entweder aus seiner Construction von selbst folgt, oder absichtlich bewirkt und durch ein Bleiloth nöthigenfalls controlirt werden mufs. Um die Temperatur des Quecksilbers im Barometer genau zu kennen, mufs das zu demselben gehörige Thermometer der Röhre möglichst nahe, auf allen Fall in die Fassung derselben eingeschlossen seyn.

Wie oft und zu welchen Zeiten der Barometerstand aufgezeichnet werden soll, hängt von der jedesmaligen Absicht ab, in welcher die Beobachtungen angestellt werden. Man zeichnet dieselben dann nebst Angabe der Zeit, des Ortes und der Temperatur des Barometers, meistens auch der Luft, in eine Tabelle ein, und da sich diese letzteren beiden stets ändern, in der Regel aber unmittelbar bei der Beobachtung keine Reduction wegen der Temperatur angestellt werden Fig. kann, so ist die von Musschenbroek[1] vorgeschlagene Ver-171. zeichnungsart, welche aus der Figur leicht erkannt wer-

1 Dissert. phys. Lugd. 1729. 4. p. 673.

den kann, nur in dem Falle anwendbar, wenn man zu gleichen Tagsstunden längere Zeit hindurch angestellte, wegen der Temperatur schon corrigirte Beobachtungen zur leichteren Uebersicht graphisch darstellen will. Aus gleichen Gründen findet der eben so kostbare als zusammengesetzte *Barometrograph* von Changeux[1] gegenwärtig keine Anwendung mehr. Dieser besteht aus einem Heberbarometer nach Hooke's Einrichtung, in dessen kürzerem Schenkel ein elfenbeinener Cylinder auf dem Quecksilber schwimmt, und daher beim Steigen und Fallen des Barometers abwechselnd gehoben wird oder herabsinkt. In dem elfenbeinernen Cylinder ist ein Draht befestigt, welcher aus dem Ende des Schenkels hervorragt, und oben einen quer in ihm befestigten Bleistift trägt. Vor diesem wird durch eine Uhr ein Cylinder, mit der von Musschenbroek vorgeschlagenen Tabelle umgeben alle Tage einmal um seine Axe herumgedrehet, und so muſs der Bleistift den jedesmaligen Barometerstand von selbst in diese einzeichnen. Weil aber die Spitze desselben sich abnutzt, leicht abbricht, und einen zu starken Druck zum Schreiben erfordert, so änderte Changeux diese Vorrichtung dahin ab, daſs er statt desselben einen etwas zugespitzten Drahtstift wählte, welcher alle Stunden durch einen kleinen Hammer gegen die Tabelle geschlagen wurde. Nach 24 Stunden sank der Cylinder um 1 bis 2 Z. herab, und so wurde über dem eingezeichneten Striche ein zweiter verzeichnet, und so fort, bis man einen neuen Ueberzug über den Cylinder schob.

Unter allen Selbstregistrirungen, wenn man von denselben anders die erforderliche Genauigkeit erwarten könnte, bleibt diese immer noch die beste. Arthur Macquire[2] befestigte an den Arm des Zeigers, woran das oben beschriebene Steelyard-barometer hängt, einen Bleistift, welcher die Veränderungen des Barometerstandes auf ein durch ein Uhrwerk bewegtes Papier zeichnen sollte. Ein Barometro-

1 J. de Ph. XVI. 325. Vergl. Hist. et Com. Acad. Theod. Pal. VI. 52. Der erste Vorschlag dazu ist von Wren. S. Birch History of the Roy. Soc. I. 343.

2 Trans. of the Royal Irish Acad. Dublin. 1791. 4. IV. art. 8.

graph, welchen LANDRIANI[1] vorschlägt, ist bloſs bestimmt, die Maxima und Minima des Standes anzuzeigen, und zeigt auf $\frac{1}{12}$ Lin. genau. Die Construction ist aus der Figur ersichtlich. Auf dem kürzeren Schenkel eines guten Heberbarometers schwimmt das Stückchen Holz oder Elfenbein p, welches etwas kleiner im Durchmesser ist, als die Barometerröhre. Der Schwimmer trägt einen Eisendraht s, und an dieser ist ein über eine Rolle geschlungener, und mit dem Gegengewichte r beschwerter, Seidenfaden gebunden. An der Axe der Rolle ist das sehr leichte messingne Rad m m befestigt, welches genau balancirt, gezahnt und mit dem Zeiger k k versehen ist. Der Zeiger zeigt den Stand des Barometers, das gezahnte Rad aber bewegt sich unter dem leichten stählernen Hebel z, welcher ihm zwar das Herumdrehen nach einer Seite verstattet, aber nicht den Rückgang; und auf diese Weise zeigt von zwei Barometern, je nachdem die Richtung der Zähne des Rades und des sperrenden Hebels verschieden ist, das eine das Maximum, das andere das Minimum.

Fig. 172.

Man sieht leicht, daſs es weit einfacher seyn würde, auf beiden Seiten des Rades zwei, von demselben getrennte, genau balancirte, durch geringe Reibung aber feststehende Zeiger zu befestigen und durch Stifte an beiden Seiten des Rades nach entgegengesetzter Seite bewegen zu lassen, um an demselben Barometer zugleich das Maximum und Minimum zu messen. Die einzige, auf jeden Fall nur durch empirische Regulirung zu überwindende Schwierigkeit besteht darin, die Abtheilungen der äuſsern getheilten Scheibe v v so zu machen, daſs sie dem Stande des Barometers in Zollen und Theilen desselben genau correspondiren. Dieses könnte viel leichter noch durch SEMPLE's *absence-barometer*[2] erreicht werden, oder ist vielmehr durch dasselbe gegeben, wenn man annimmt, daſs der in der Figur nicht gezeichnete Schenkel des Barometers mit demjenigen völlig gleiche Weite hätte, auf welchem der Schwimmer ruht, oder daſs man die Differenz des oberen weiten Cylinders und des offenen Schenkels in die Scale corrigirte. Uebrigens ergiebt sich die Construc-

Fig. 173.

1 Brugnat. Giorn. X. 54.

2 Ann. of phil. X. 47.

tion dieses selbstregistrirenden Barometers aus der Zeichnung von selbst, indem man leicht wahrnimmt, dafs der Schwimmer p einen Stift und dieser den horizontalen Draht $\alpha\beta$ trägt, dessen Enden rechts beim Steigen, links beim Fallen leichte Schieber bewegen, und auf dem höchsten oder niedrigsten erreichten Puncte stehen lassen. Bei der gegenwärtig erforderlichen Genauigkeit der Beobachtungen sind alle solche Vorrichtungen unnütz, es sey denn, dafs man wissen wollte, ob bei ungewöhnlichen Veränderungen bei Nacht noch ein Steigen oder Fallen des Barometers erfolgt sey.

Das gut eingerichtete Barometer dient vor allen Dingen zuerst dazu, die Dichtigkeit und Elasticität der atmosphärischen Luft und sonstiger, durch den atmosphärischen Luftdruck zusammengedrückter, im Gefäfse eingeschlossener expansibeler Flüssigkeiten nach dem Mariotteschen Gesetze zu bestimmen, indem allgemein, wenn die Dichtigkeit Δ derselben bei einem Barometerstande $=$ H gefunden ist, die bei einem andern Barometerstande $=$ h beobachtete Dichtigkeit $\Delta' = \Delta \frac{h}{H}$ ist.[1] Als Normalgröfse $=$ H nimmt man hierbei in Deutschland meistens 28 Z. par.; in England 30 Z. lond. $=$ 28,15 Z. par.; in Frankreich $0^m,76 =$ 28,075272 Z. par. an. Aufserdem dient das Barometer vorzugsweise zur Bestimmung der Berghöhen und überhaupt der Erhebungen über der Meeresfläche[2]. Ein noch näherer Gebrauch desselben ist, die Höhe der Atmosphäre unserer Erde aus dem Drucke zu bestimmen, welchen sie gegen das Barometer ausübt[3] und diejenigen regelmäfsigen und unregelmäfsigen Veränderungen zu finden, welche in diesem atmosphärischen Luftmeere vorkommen, theils als naturwissenshaftliche Aufgabe überhaupt, theils um aus derselben auf die muthmafslichen Wetterveränderungen zu schliefsen. Blofs diese beiden letzten Fragen können hier zur näheren Untersuchung kommen, nämlich *erstlich*: welches ist der mittlere Normalbarometerstand im Niveau des Meeres an

1 S. *Luft*.
2 S. *Höhenmessungen*.
3 S. *Atmosphäre d. Erde*.

den verschiedenen Orten der Erdoberfläche und *zweitens*: welche Veränderungen zeigt das Barometer unter verschiedenen geographischen Breiten, in ungleichen Höhen und durch den Einfluſs sonstiger Bedingungen.

I. Bei der Untersuchung des *mittleren Barometerstandes im Niveau des Meeres* folgt zuerst aus theoretischen Gründen, daſs derselbe unter dem Aequator niedriger seyn muſs, als unter höheren Breiten, weil die Atmosphäre ein Sphäroid bildet und vermöge der gröſseren Schwungkraft und der gröſseren Wärme unter dem Aequator weniger gravitirt. Nach v. Zach[1] giebt das Barometer eben so die Differenz des Luftdruckes unter verschiedenen Breiten an, wie das Pendel die Differenz der Schwere, indem der aus den angegebenen Gründen höheren Atmosphäre der niedrigere Barometerstand entspricht. Indem er daher[2] aus zwei genauen Barometerständen unter verschiedenen Breiten die Abplattung des atmosphärischen Ellipsoids findet, den Unterschied der Höhe der Atmosphäre bis an eine Grenze von gleicher Dichtigkeit Δl, ihre niedrigste Höhe l, den Halbmesser der Erde a nennt, die Barometerstände unter höheren und niederen Breiten aber p und p'; so ist $p : p' = 1 - \frac{2l}{a} : 1 - \frac{2(l + \Delta l)}{a}$ woraus für $l = 30000^t$, den zugleich bestimmten Werth von $\Delta l = 4881^t,56$ und also eine Abplattung des atmosphärischen Ellipsoids $= \frac{1}{338}$, folgende Barometerstände im Niveau des Meeres für 10° R. berechnet sind

Breite.	Barom.	Breite.	Barom.
0°	337,02 par. L.	50°	338,19
10	337,09	60	338,52
20	337,25	70	338,79
30	337,52	80	338,97
40	337,85	90	339,03

Wenn man berücksichtigt, daſs, nach den bei barometrischen Höhenmessungen angenommenen Grundsätzen, der Co-

1 M. Cor. XXI. 215.

2 Vergl. *Atmosphäre, Gestalt derselben.*

efficient des Luftdruckes des Einflusse der von den Polen nach dem Aequator abnehmenden Schwere unterworfen *ist*, und dafs hiernach die ihm correspondirende Länge der Quecksilbersäule in gleichem Grade *abnehmen mufs*, so ist der hierfür berechnete Coefficient[1] $= 0{,}0027601 \cos. 2\varphi$, wenn φ die Grade der Breite bezeichnet. Setzt *man* ferner den auf 0° reducirten *mittleren* Barometerstand im Niveau des Meeres $= 0^m{,}76114 = 337{,}4098$ p. Lin.[2], so erhält man folgende Gröfsen:

Breite.	Barom.	Breite.	Barom.
0°	336,4786 par. L.	50°	337,5717
10	336,5347	60	337,8754
20	336,6964	70	338,1232
30	336,9442	80	338,2849
40	337,2481	90	338,3410

Hiernach betrüge also der Unterschied der Barometerstände im Niveau des Meeres unter dem Pole und dem Aequator 1,8624, nach jener oberen Berechnung 2,01 par. L. Dafs das Barometer auf der südlichen Halbkugel niedriger stehe als auf der nördlichen, ist zwar oft behauptet[3], aber schwerlich erwiesen.

Es wäre wünschenswerth, den mittleren Barometerstand im Niveau des Meeres unter verschiedenen Breiten mit Zuversicht auszumitteln; allein diesem stehen drei Hindernisse im Wege, 1. dafs mehrjährige Beobachtungen, vorzüglich in höheren Breiten, zur Auffindung des mittleren Standes erforderlich sind, 2. dafs die Beobachtungen in den niedrigsten und höchsten Breiten bis jetzt gröfstentheils nur auf Schiffen angestellt wurden, welche nicht leicht eine absolute Genauigkeit gestatten, und 3. dafs man, wo es auf so kleine Differenzen ankommt, sich nicht mit voller Zuversicht auf die Genauigkeit der Barometer verlassen kann. Folgendes sind die wichtigsten, auf 0° Temperatur reducirten, und gröfstentheils nach den Graden der Breite geordneten Resultate.

---

1 S. *Schwere*.
2 Biot précis élém. de Ph. I. 199.
3 Biot a. a. O.

Eine Reihe Beobachtungen Cook's giebt nach Horner's[1] Zusammenstellung für 10° N. B. und 10° S B. 338,945 L.; eine andere, der Wahrheit gewifs näher kommende giebt für die Südsee zwischen 10° N. B. und 10° S. B. 337,786 Lin. Nach v. Humboldt[2] ist der mittlere Barometerstand unter dem Aequator = 337,8 Lin.; Leopold v. Buch[3] nimmt für die Tropen 337,0 Lin. an. Fünfjährige Beobachtungen zu Isle de France gaben für den Meeresspiegel daselbst 338,5 Lin.[4]. Im atlantischen Ocean fand v. Humboldt 337,8 Lin. welches Horner[5] für die richtigste Angabe hält. Sie kommt nahe überein mit der von Bouguer gefundenen Gröfse, nämlich 337,0 Lin. Eschwege erhielt in Rio de Janeiro aus anderthalbjährigen Beobachtungen 20 F. über der gröfsten Fluthhöhe 30,275 engl. Z., welches nach der Temperatur 24°,5C. und auf den Meeresspiegel reducirt nahe 337,8 par. Lin. betragen würde[6]. Eine Reihe von Beobachtungen L. v. Buch's zu Las Palmas auf Gran Canaria angestellt giebt im Mittel auf die Meeresfläche reducirt 339,09 Lin., welches wegen örtlicher Einflüsse zu grofs ist, eben wie vielleicht auch das durch Escolar aus dreijährigen Beobachtungen zu St. Cruz auf Teneriffa erhaltene Mittel von 338,441 L.[7]. Coutelle's Beobachtungen in Cairo in Aegypten geben den mittleren Barometerstand daselbst = 337,7 L.,[8] bei 17,° 7R. also 336,02 Lin bei 0°. Nach Dangos[9] ist der auf 0° Temperatur corrigirte Barometerstand in Malta = 337,042 Lin. offenbar zu klein. Silvabelle fand aus achtjährigen Beobachtungen zu Marseille den auf 0° Wärme und den Meeresspiegel corrigirten Barometerstand = 337,38 Lin.[10]. Eine

---

1 Mém. de Petersb. I. 464.
2 Mon. Cor. XXI. 217.
3 Berl. Denksch. 1820. p. 113.
4 Bellevue in J. d. Ph. XLVII. 158.
5 Mém. de Pet. I. 464.
6 G. LIX. 118.
7 Berlin. Denksch. 1820. p. 113.
8 Description de l'Égypte cet. 3me Liv. p. 334.
9 J. d. Ph. LXXIII. 152.
10 G. XLIII. 420.

Reihe von 1400 Beobachtungen, welche BELLEVUE[1] zu Rochelle um 7^h Morgens 6^h Nachm. und 11^h Abends anstellte, giebt auf 0° Temperatur und den Spiegel des Meeres reducirt 338,833 Lin. Aufserdem wurden gefunden in

Brest	aus 1	jähr. Beobachtungen	338,500
Dieppe	— 1	— — —	338,500
Luçon	— 4	— — —	338,334
Insel Oleron	— 3	— — —	338,000
Sables d'Olonne	— 1	— — —	338,583
St. Malo	— 10	— — —	338,166
	Mittel	— —	338,347

Dieses für 37 F. über dem Wasserspiegel corrigirt, giebt genau wie oben 338,833 Lin. Dreizehnjährige Beobachtungen in Nantes gaben im Mittel 338,00 und wenn die Correction für 40 F. Erhebung dazu kommt, 338,667. SHUCKBURGH[2] fand aus seinen Beobachtungen in England u. Italien 338,23. Nach BUGGE ist aus älteren und neueren Beobachtungen auf der Sternwarte zu Kopenhagen von 1750 bis 1798 der auf den Spiegel des Sundes reducirte Barometerstand 338,21 Lin. P. HEINRICH berechnet aus dreijährigen Beobachtungen mit einem Manheimer Barometer 338,74 Lin.[3] für eben diesen Ort. Dagegen erhielt HERZBERG in Bergen in Norwegen aus neunjährigen Beobachtungen nur 335,85 Lin., VAN SWINDEN für die Nordsee 336,756 Lin.; aus VAN DE PERRE's Beobachtungen zu Middelburg berechnet P. HEINRICH 336,58 Lin. für den Meeresspiegel daselbst. Die lezteren niedrigen Barometerstände hält L. VON BUCH für die Folge der in dortigen Gegenden herrschenden westlichen und südlichen Luftströmungen[4]. DALTON's Beobachtungen in Kendal geben auf den Meeresspiegel und 0° Wärme corrigirt wahrscheinlich genau 337 Lin.[5]. BURCKHARDT[6]

1 J. de Phys. XLVII. 158.
2 Phil. Tr. LXVII. 586. G. XLIII. 412.
3 G. XXVIII. 466. XLIII. 414.
4 G. XXV. 329.
5 G. XLIII. 418.
6 Nouveau Bullet. des sc. de la Soc. philom. An. III. p. 261. G. XLIII. 445.

bestimmt aus SHUCKBURGH's Beobachtungen zu Marseille den Barometerstand an der Oberfläche des mittelländischen Meeres zu 338,27 L. und im Spiegel des atlantischen Meeres aus Kopenhagener Beobachtungen zu 338,71 L. Nach BOHNENBERGER[1] ist der auf 0° reducirte Barometerstand unter dem Aequator bei 21°, 6 R. der Lufttemperatur = 337,79; im mittelländischen Meere bei 12° R. = 338,00 L. und an der Nordsee bei 7° R. = 338,20 L., im Mittel aber für barometrische Höhenmessungen nimmt v. LINDENAU 387,42 Lin. für mittlere Breiten an[2].

Die hier so vollständig wie möglich und so genau, wie die Angaben verstatten, mitgetheilten Beobachtungen weichen bedeutend von einander ab. Es ist möglich, dafs örtliche Luftströmungen, namentlich an der Küste v. Bergen in Norwegen, an den Küsten v. Dänemark, England, Holland und selbst auch allenfalls an der Küste des südlichen Frankreichs einen Einfluſs auf den mittleren Barometerstand haben, wie aus einigen neueren Beobachtunge L. VON BUCH's auf den canarischen Inseln mehr als wahrscheinlich wird[3]. Von der andern Seite aber hat schon v. HUMBOLDT[4] darauf hingedeutet, dafs manche Anomalien ohne Zweifel eine Folge mangelhafter Barometer sind, welche entweder nicht gehörig ausgekocht, oder mit einer nicht absolut richtigen Scale versehen wurden, dafs aber mitunter auch die Ursache an den Beobachtungen selbst rücksichtlich der Zeit, wenn sie gemacht, der Genauigkeit in Vermeidung der Parallaxe und der Correction wegen der Wärme liegen mag. Alles zusammengenommen dürfte es nach Theorie und Erfahrung am richtigsten seyn, folgende auf 0° der Temperatur reducirte mittlere Barometerstände im Niveau des Meeres unter den verschiedenen Breiten anzunehmen:

Breite.	Barometer Lin.		Barometer mm.	Breite.	Barometer. Lin.		Barometer. mm.
00°	337,0000	=	760,214	50°	338,0930	=	762,682
10	337,0560	=	760,341	60	338,3967	=	763,367
20	337,2177	=	760,706	70	338,6445	=	76[illegible],927
30	337,4655	=	761,266	80	338,8062	=	764,290
40	337,7694	=	761,951	90	338.8623	=	764,414

1 Tübinger Blätter I. 3. 326.

2 Vergl. Gilbert's Zusammenstellung in Ann. XLIII. 411.

3 Berl. Denksch. 1820. p. 113.

4 G. XXV. 331.

Um aus allen, durch den Einfluſs der verschiedensten Bedingungen stets wechselnden Barometerständen den *mittleren* zu erhalten, müſste man eigentlich jeden Wechsel mit Rücksicht seiner Dauer aufzeichnen, und aus allen Resultaten das Mittel suchen. Eine solche mühsame Arbeit ist aber nicht erforderlich. Wenn man berücksichtigt, daſs die unregelmäſsigen Schwankungen zu jeder Tagszeit eintreffen, und sich daher ausgleichen, so ist es rücksichtlich dieser genügend, nur anhaltend zu einer bestimmten Tagszeit den Barometerstand aufzuzeichnen. Je weiter aber ein Ort vom Aequator entfernt liegt, um so gröſser und länger dauernd sind die unregelmäſsigen Schwankungen, weswegen man nicht anders als durch mehrere Monate oder jahrelange Beobachtungen das richtige Mittel für höhere Grade der Breite erhält [1]. Nach Beobachtungen in Paris übertrifft die halbe Summe der Barometerstände um 21^h und um 3^h den Barometerstand um Mittag nur um $0^{mm},1$ und in Guyara betrug der Unterschied in 5 Tagen nur $0^{mm},15$, so daſs man also den Stand um Mittag ohne groſsen Fehler als den mittleren ansehen kann [2].

II. Noch weitläuftiger und schwieriger ist die Erörterung der zweiten Frage, nämlich *welche Veränderungen zeigt das Barometer unter verschiedenen geographischen Breiten, in ungleichen Höhen und durch mannigfaltige bedingende Umstände.* Hierbei gilt zuerst als allgemeine Regel, daſs das Barometer unter dem Aequator sich fast gar nicht verändert, seine Veränderungen aber mit den Graden der Breite zunehmen [3], desgleichen daſs der Gang desselben im Allgemeinen auf der See weit regelmäſsiger ist, als am Lande. Die geringen barometrischen Oscillationen innerhalb der Tropen sind so allgemein bekannt, daſs es nur einer Erwähnung dieser Sache bedarf. So folgert schon Cotte [4] aus einer groſsen Menge von Beobachtungen, daſs sie unter dem Aequator fast

1 Vergl. *Höhenmessungen, barometrische.* Nach Bugge genügen zweijährige Beobachtungen noch nicht, um für Kopenhagen den mittleren Barometerstand genau zu erhalten. G. XXV. 330.

2 Ann. de Ch. et de Ph. XXV. 429. Ramond ebend. V. 420.

3 Halley in Phil. Tr. N. 181.

4 J. d. Ph. XLIV. 232.

= 0 sind; Leopold von Buch [1] setzt die Differenzen des Barometers unter der Linie = 4 L.; in Paris = 20 bis 24 L.; in Petersburg = 30 bis 36 Lin. Nach Eschwege's Beobachtungen in Brasilien betrug dort die Differenz des höchsten und niedrigsten Standes nur 3,3 p. Lin [2]. Bei bevorstehenden heftigen Orcanen fällt das Barometer aber in den Tropen zuweilen stärker als in höheren Breiten. So sah Rochon dasselbe im Jahre 1771 auf Isle de France 25 Lin. sinken [3], und im Japanischen Meere einmal sogar 30 Lin. [4]. Eine schätzbare Uebersicht der Barometerveränderungen, den Graden der Breite proportional, hat Leop. v. Buch aus den Beobachtungen von Chanvallon auf Martinique, von Escolar auf Teneriffa, von Calandrleli in Rom, von Beguelin in Berlin, von Prosperin in Upsala und von Naezén in Umeo mitgetheilt [5]. Sie betrugen in par. Lin. und im Mittel aus den angegebenen Jahren:

Mittel aus	Martin. 15°40′	Tenerif. 28°20′	Rom 41°53′	Berlin 52°31′	Upsala 59°40′	Umeo 63°50′
Jahren	1	3	20	5	12	3,5
Januar	—	7,033	11,24	16,48	15,99	16,05
Febr.	—	5,627	10,215	15,45	15,34	18,42
März	—	5,345	9,540	13,90	15,13	16,40
April	—	4,500	7,960	11,16	13,40	12,80
Mai	—	3,150	7,035	9,48	11,82	14,47
Juni	—	1,870	4,895	7,64	9,93	10,74
Juli	1,33	2,060	4,225	7,94	8,29	8,00
August	2,50	2,060	4,075	7,34	9,81	10,59
Septbr.	3,00	2,250	5,700	11,28	11,61	14,63
Octber.	2,00	3,657	7,610	11,04	14,29	16,6
Novbr.	2,25	3,376	8,690	14,40	16,27	15,62
Decbr.	2,66	4,220	10,150	14,22	15,32	18,05

1 J. de Ph. XLIX. 85.
2 G. LIX. 120.
3 Sprengel's Bibl. d. Reis. X. 110.
4 Rochon's Reis. I. 254.
5 Berlin. Denksch. 1818. Vergl. G. LXVII. 294.

Nach den Petersburger Beobachtungen von 1772 bis 1790 betrug die gröfste Differenz während dieses Zeitraumes daselbst 28,32 par. Lin.[1].

Aus mittleren Breiten findet man die monatlichen und jährlichen Barometerstände nebst ihren Differenzen zahlreich in den physikalischen Zeitschriften, z. B. den Annalen von GILBERT, dem Journal von SCHWEIGGER, den Annales de Chim. et de Physique von GAY-LÜSSAC und ARAGO, dem Journal de Physique von BLAINVILLE, der Bibliotheque universelle von PICTET, den Phil. Transactions, den Annals of Philosophie von THOMSON u. a. Sie hier wiederzugeben wäre überflüssig. Nur in seltenen Fällen übersteigen die gewöhnlichen Barometerveränderungen das Mittel bei weitem. So war z. B. in Jena seit 17 Jahren der höchste Barometerstand 1805 = 340 Lin., der niedrigste den 11. Jan. 1806 = 320,5 Lin., Differenz = 19,5 Lin.[2]. In Heidelberg war seit 1817 der höchste auf 0° reducirte Barometerstand den 18. Febr. 1822 = 342,3 der niedrigste [3] den 25sten Dec. 1821 = 318,5; Differenz = 23,8, so dafs man in diesen Breiten 24 Lin. wohl als das Maximum des Unterschieds der Barometerhöhen annehmen kann. Die im Anfange Februars 1823 in Deutschland, Italien, Frankreich und England statt findenden ungewöhnlichen barometrischen Oscillationen haben überhaupt die Aufmerksamkeit der Physiker erregt, und verschiedene Aufsätze in den Zeitschriften veranlafst[4]. Nicht minder auffallend war der in eben den Ländern am 23st. Jan. 1824 beobachtete tiefe Barometerstand[5].

Die *regelmäfsigen täglichen Oscillationen*, wonach das Barometer zu bestimmten *Tagszeiten* aufser und neben den unregelmäfsigen Schwankungen steigt und fällt, haben schon vor langer Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker

1 Ann. of Phil. N. S. IV. 15.

2 Voigts Mag. 1806. März. p. 270.

3 An diesem Tage fand insbesondere im nördlichen Europa ein ungewöhnlich niedriger Barometerstand statt. SCHOUW in Tidsskrift for Natur-vidensk. Kiövenh. 1823. n. 7.

4 G. LXXIV. 65 — 106. Bibl. Univ. 1823. Jan. p. 108. 142. 146. 197. Correspondance Astron. X. n. IV.

5 Bib. Univ. XXV. 271. G. LXXVI. 107.

erregt, und sind sowohl unter niederen als mittleren Breiten von vielen beobachtet, werden aber viel leichter unter den ersteren als den letzteren wahrgenommen, wo sie leicht in den häufigen regellosen Veränderungen verschwinden. Beobachtet sind dieselben aufser durch VAN SWINDEN, CHIMINELLO und andern namentlich durch MUSSCHENBROEK[1] in Leyden, durch ROSENTHAL[2] zu Nordhausen, PLANER[3] in Erfurt, HEMMER[4] in Manheim, TOALDO[5] in Venedig, DUC-LACHAPELLE[6] in Montauban, RAMOND[7] in Paris, v. YELIN[8] in München, MUNCKE[9] in Marburg und nachher in Heidelberg, BALFUR[10] in Bengalen, DON ALZADE Y RAMIREZ[11] in Mexico, GODIN[12] in Peru, CASSAN[13] zu St. Lucie, DE LAMANON[14] im atlantischen Ocean von 1° N. B. bis 1° S. B., BENTO SANCHEZ DORTA[15] zu Rio de Janeiro, HORSBURGH[16] in Bombay, China, im stillen und indischen Ocean, LEOPOLD v. BUCH[17] auf den Canarischen Inseln, COUTELLE[18] in Cairo, vorzüglich durch v. HUMBOLDT[19] in

1 Introd. §. 2070.

2 Acta Acad. Mogunt. ad an. 1780 et 81. p. 14.

3 Ibid. Vergl. Observ. oscill. merc. in tubo Torric. Erford. 1780. p. 40.

4 Hist. et Comm. acad. Theod. Pal. Manh. 1790. 4. VI. p. 50. übers. in Gren J. II. 218.

5 Saggio meteorol. Padova. 1781.

6 G. II. 361.

7 Ann. de Chim. et de Ph. IX. 427.

8 Versuche und Beob. zur näheren Kenntnifs der Zambonischen trocknen Säule u. s. w. 1820.

9 Anfangsgr. der Phys. II. 177.

10 Asiatic Research. IV. 217.

11 Cotte Traité de Météorol. p. 336. Mém. sur la Météor. Par. 1788. I. 100.

12 Bouguer Fig. de la Terre, p. 49.

13 Gren J. III. 109.

14 Voy. de La Perouse. IV. 253.

15 Mém. de Petersb. I. 464.

16 Phil. Tr. 1805. II. 117. Bib. Brit. XXXIV. 207.

17 Berl. Denksch. 1820. p. 113.

18 Descript. de l'Egypte. Livrais. III. p. 335.

19 G. VI. 188.

Cumana und vor allen andern durch Horner[1] in Verbindung mit Langsdorf in verschiedenen Gegenden des atlantischen, stillen und indischen Oceans. Ferner fand Wright[2] auf Ceylon die Oscillationen *so* regelmäfsig, dafs er (wohl etwas übertrieben) glaubt, man könne die Zeit danach bestimmen. Sie ergeben sich endlich auch aus den Beobachtungen welche Capt. Sabine[3] in Sierra Leone, St. Thomas und Jamaica im Jahre 1822 anstellte, aus denen von Boussingault und de Rivero[4] in Guyara im Jahre 1822, und aus denen von Eschwege in Brasilien[5]. Die Sache selbst ist hierdurch also genugsam bestätigt, und es kommt blofs nach darauf an, die Gröfse dieser regelmäfsigen Oscillationen an den verschiedenen Orten aus genauen Beobachtungen zu kennen, und ihre Ursache zu erforschen.

Der erste, welcher die Beobachtung machte, war Godin[6], Bouguer's Begleiter bei der peruanischen Gradmessung. Diesem fiel der gleichförmige Stand und die regelmäfsige Schwankung des Barometers unter der Linie auf, und Bouguer hielt leztere für eine Folge der ungleichen Erwärmung der Luft durch die Sonne, wodurch der Barometerstand im Niveau des Meeres indefs nicht afficirt würde. Die französische Akademie veranlafste nachher Lamanon diese Versuche zu wiederholen, welcher aus seinen stündlichen Beobachtungen fand, dafs das Barometer von 4^h bis 10^h Morgens stieg, von 10^h Morgens bis 4^h Abends fiel, von 4^h bis 10^h Abends stieg, und von 10^h Abends bis 4^h Morgens wieder fiel, woraus also zwei Ebben und zwei Fluthen der Atmosphäre folgten. Nach den Beobachtungen von Francis Balfour und John Farquhar im Jahre 1795 ist in Bengalen das Barometer stillstehend von 6^h bis 7^h 30′ Morgens, steigt dann bis 8^h, ist stillstehend bis Mittag, fällt bis 3^h Nachmittags, ist stillstehend

1 Krusenstern Reise. III. Abh. V. Vergl. Mon. Cor. XXVIII. 72. G. LXII. 190.

2 Edinb. Phil. J. 1823 Oct. p. 398.

3 Meteorological Essays and Observations; by J. F. Daniell. Lond. 1824. 4th Essay.

4 Ann. de Chim. et de Phys. XXV. p. 427.

5 G. LIX. 120.

6 Musschenbroek. Intr. §. 2070.

von 3^h bis 8^h Abends, steigt dann bis zu derjenigen Höhe, welche es um 9^h Morgens hatte, und bleibt stillstehend bis zum Aufgange der Sonne. Leopold v. Buch fand zu Las Palmas auf Gran Canaria den auf 0° reducirten Barometerstand um 7^h Morgens $=$ 338,882 L., um $11^h =$ 339,0217 L. um 4^h Nachmittags $=$ 338,524 um 11^h Ab. $=$ 338,7445 Lin. Aus sehr zahlreichen Beobachtungen A. v. Humboldt's folgerte dieser, dafs die regelmäfsigen Barometerveränderungen auf gleiche Weise an den Küsten der Südsee als in den Ebenen des Amazonenflusses und in Höhen bis 4000^m statt finden[1]. Eine Uebersicht der mittleren Barometerstände im Niveau des Meeres unter dem Aequator, nebst den stündlichen Veränderungen in genäherten Werthen giebt folgende tabellarische Zusammenstellung[2], die Stunden von Mittag $= 0^h$ an gerechnet, die Barometerhöhe in par. Lin. gemessen;

Stund.	Barom.	St.	Barom.	St.	Barom.	St.	Barom.
0	338,02	6	337,45	12	337,88	18	337,79
1	337,79	7	337,53	13	337,80	19	337,94
2	337,58	8	337,69	14	337,69	20	338,16
3	337,4[illegible]	9	337,83	15	337,62	21	338,30
4	337,40	10	337,88	16	337,60	22	338,28
5	337,41	11	337,91	17	337,68	23	338,21

Bringt man diese Beobachtung unter einen allgemeinen Ausdruck, so ist für den mittleren Barometerstand $= z$ der veränderliche $= z'$

z' um $21^h = z + 0{,}5$ L. | um $11^h = z + 0{,}1$ Lin.
$\quad 4 \quad = z - 0{,}4$ L. | $\quad 16 \quad = z - 0{,}2$ Lin.

Horner unterwarf sich auf den Wunsch des wissenschaftlich hochgebildeten Admiral's v. Krusenstern der in der tropischen Hitze höchst ermüdenden Arbeit, unterstützt durch v. Langsdorf 61 Tage lang jede Stunde bei Tage und bei Nacht, das Barometer zu beobachten, und den Stand desselben zu verzeichnen. Diese, auf offener See erhaltenen Resultate sind

1 Tableau phys. des régions équinoxiales. p. 91.

2 Oltmanns in Recueil d'observations astronomiques cet. Livrais. III. p. 289.

gewiſs allen andern vorzuziehen, und geben die barometrischen Oscillationen nicht nur hinsichtlich der Zeit, sondern auch der Gröſse auf das Genaueste. Als Resultat derselben ist nach dem oben gegebenen Ausdrucke

z' um $21^h\ 19' = z + 0{,}484$ L.	um $10^h\ 6' = z + 0{,}414$ L.
$3\ \ 50 = z - 0{,}518$ L.	$15\ 40 = z - 0{,}360$ L.

Von groſser Wichtigkeit sind ferner diejenigen Beobachtungen, welche Horsburgh anstellte. Die regelmäſsigen Oscillationen stellten sich erst sichtbar ein, als das Schiff 26° N. B. und 20° W. L. von Greenwich erreicht hatte, wurde stärker in 10° N. B. bis 25° S. B., betrugen hier zwischen 0,05 und 0,09 eng. Z., hörten in 28° S. B. und 27° W. L. auf, und fingen in 27° S. B. und 51° O. L. wieder an. Sie waren am Lande sowohl in Bombay als auch in China weniger merklich und regelmäſsig als auf der See, indem die Barometer am Lande meistens stationär waren.

Ganz neuerdings wurde diese Frage abermals untersucht durch Boussingault und Mariano de Rivero. Mit zwei übereinstimmenden und in Paris verglichenen Barometern von Fortin erhielten sie in la Guyara, in der Republik Columbia $10^m{,}67$ über der Meeresfläche im Mittel aus 10 Tagen

Morgens 21^h . . .	$760^{mm}{,}05$
— — 22 . . .	760,03
Nachm. 4 . . .	757,61
diff.	2,44

Zwischen dem Stande um 21^h und 22^h war eben so wenig ein bedeutender Unterschied, als zwischen dem um 3^h und 4^h. Eschwege beobachtete die atmosphärische Fluth in Rio de Janeiro Morgens und Abends um 9^h, die Ebbe Nachmittags um 3^h, auch giebt er die Gröſse jener im *maximo* = 0,098 im *minimo* = 0,006 engl. Z., dieser zwischen 0,082 und 0,002 engl. Z. an.

Um auch aus höheren Breiten einige Beobachtungen näher zu berücksichtigen, so will schon Cotte aus denen, welche er viele Jahre anhaltend anstellte, die tägliche Ebbe und Fluth gefunden haben[1], jedoch setzt er das Maximum der Höhe Abends 9^h. Späterhin fand er, daſs das Barometer

1 J. de Ph. XXXVII. 109.

zwischen 10 Uhr Abends und 2 Uhr Nachts, desgleichen am Tage am niedrigsten stehe, zwischen 6 Uhr und 10 Uhr Morgens und am Abend aber am höchsten[1]. Die von Ramond in Paris 1818 angestellten Beobachtungen geben nach dem oben gegebenen Ausdrucke $z = 755{,}7025$ Millim. und

z' um $21^h = z + 0{,}4075$	um $3^h = z - 0{,}4825$
$24 = z + 0{,}1075$	$9 = z - 0{,}0325$

v. Yelin erhielt aus siebenmonatlichen, täglich von 7^h Morgens bis 10^h Abends angestellten Beobachtungen

$$z' \text{ um } 22^h = z + 0{,}148$$
$$3 = z - 0{,}112$$
$$9 = z + 0{,}108$$

Ich selbst erhielt aus 14monatlicher Beobachtung vom Nov. 1818 bis Dec. 1819 in Heidelberg

$$z' \text{ um } 19^h = z + 0{,}074 \text{ par. Lin.}$$
$$3 = z - 0{,}196$$
$$10 = z + 0{,}104$$

aus 20 monatlichen Beobachtungen vom Jan. 1823 bis Sept. 1824

$$z' \text{ um } 21^h = z + 0{,}1273$$
$$3 = z - 0{,}2041$$
$$11 = z + 0{,}0768$$

Daſs diese periodischen Schwankungen in höheren Breiten abnehmen, liegt in der Natur der Sache, und namentlich versichert Scoresby bei allen seinen höchst zahlreichen Beobachtungen im Eismeere bei Grönland und Spitzbergen nie die mindeste Periodicität wahrgenommen zu haben[2].

Nach der Ursache dieser Erscheinung hat man lange geforscht. Bouguer's Meinung, welcher sie für eine Folge der Erwärmung durch die Sonne hielt, ist oben erwähnt. v. Zach leitet sie aus dem Widerstande her, welchen die Erde bei ihrer theils rotirenden theils fortschreitenden Bewegung durch den im Weltraume befindlichen Aether erleidet[3]. Obgleich nun die Existenz eines solchen Aethers aus einigen

1 J. de Ph. XLIV. 232.

2 Scoresby Account of the Arctic Regions. Edinb. 1822. II Vol. I. 373.

3 M. Cor. XX. 221.

Erscheinungen sehr wahrscheinlich wird[1], so würde doch sein Einfluſs schwerlich so bedeutend seyn, und auſserdem könnte hieraus wahrscheinlich nur *ein* maximum und *ein* minimum des Barometerstandes erwachsen. Da der periodische Wechsel dieser Oscillationen der Höhe der Sonne über dem Horizonte folgt, so konnte man wohl nicht umhin, diesem Himmelskörper die Ursache davon beizumessen, und die Erscheinung selbst als Folge einer ähnlichen *Ebbe* und *Fluth* in der Atmosphäre anzusehen, wie diese durch den Einfluſs der Sonne und insbesondere des Mondes im Meere statt findet. Man suchte daher vorzugsweise nach dem Einflusse des letzteren Himmelskörpers auf den Stand des Barometers, welcher sich indeſs nicht fand. Eine eben so gründliche als bestimmte Entscheidung der Frage gab La Place[2], indem er zeigte, daſs Sonne und Mond zwar einen Einfluſs auf die Atmosphäre haben müſsten, daſs dieser aber viel zu geringe sey, um das Barometer zu afficiren, und unter dem Aequator höchstens nur 0,25 Lin. Differenz hervorbringen könne, oder genauer, daſs 0,2795 Lin, das Maximum dieser Wirkung unter den günstigsten Umständen sey[3]. Indem eine erschöpfende Untersuchung dieser Aufgabe mit der Theorie der Ebbe und Fluth des Meeres zusammenfällt, so wird es hier genügen, als Resultat der neuesten Bestimmungen anzugeben, daſs nach Laplace[4] allerdings Schwankungen des Barometers als Folge der Anziehung der Sonne und des Mondes statt finden, und zwar theils durch directe Anziehung dieser Himmelskörper, theils durch die Gestaltänderung des Oceans, als Basis der Atmosphäre, und endlich durch die Anziehung des veränderlichen Meeres gegen die Atmosphäre. Nach sechsjährigen Beobachtungen in Paris beträgt die durch die Sonne bewirkte Schwankung, welche schon in wenigen Tagen bemerklich wird, eine um 9 Uhr statt findende Erhöhung von 0,8 Millim. über das Minimum um 3 Uhr Nachmittags. Der Einfluſs des Mondes, weit schwerer wahrnehm-

---

1 S. *Aether*.

2 Mém. de l'Ac. 1775. 76.

3 Méc. cél. L. IV. Ch. 5. p. 356. d. Ueb. Vergl. Newtoni opusc. II. 41.

4 Ann. de Chim. et de Ph. XXIV. 284.

bar, weil er mit den unregelmäſsigen Schwankungen zusammenfällt, bewirkt in den Syzygien eine Verminderung der täglichen Variation, in den Quadraturen eine Vermehrung, welche aber nicht mehr als $0^{mm},05443$ beträgt, und um $3^h 18' 36''$ in Paris statt findet.

Die Zahl der sonstigen Beobachtungen, woraus ein Einfluſs des Abstandes der Sonne vom Zenith des Beobachtungsortes entnommen werden könnte, ist sehr geringe. Horner's oben erwähnte Beobachtungen, wobei die Sonne stets nördlich war, geben in dieser Hinsicht keine Resultate. Mehr ist dieses dagegen der Fall bei den Beobachtungen von Bento Sanchez Dorta zu Rio de Janeiro unter 22° 54′ S.B. im Jahre 1785 mit einem Magellanschen Barometer angestellt, welche Horner aus den Schriften der Lissaboner Gesellschaft mittheilt[1]. Hiernach steht das Barometer höher, wenn die Sonne nicht im Zenith ist, und in diesem Falle ist auch die mittlere Höhe des Barometers gröſser. Letztere betrug nämlich 340,12 Lin. bei nördlicher und 337,92 Lin. bei südlicher Abweichung der Sonne, eine Erscheinung, welche der Wärme nicht füglich beigemessen werden kann[2]. Cotte[3] folgert aus zahlreichen eigenen und fremden Beobachtungen, daſs die Sonne zwar durch ihre Wärme keinen Einfluſs auf den Barometerstand habe, wohl aber durch ihre Anziehung, indem die Gröſse der barometrischen Oscillationen mit der Erhebung derselben über den Horizont zunehme, bei ihrer Annäherung zum Horizonte abnehme, speciell aber die im Sinken begriffene Quecksilbersäule mehr sinke, wenn die Sonne sich dem Meridian nähert, und zu sinken anfange, wenn sie stationär ist. Anderweitige Erklärungen dieser periodischen Oscillationen mögen nur der Vollständigkeit wegen historisch erwähnt werden. Changeux[4] erklärt sie aus einer Vermehrung und Verminderung der Luft; Späth[5]

1 Mém. de Pet. I. 462.

2 Bei einer so bedeutenden Differenz liegen wahrscheinlich noch andere Ursachen zum Grunde.

3 J. d. Ph. XLIV. 232.

4 J. d. Ph. IV. 85.

5 Gren J. III. 435.

aus der Anziehung der Sonne gegen die Atmosphäre, wodurch die Schwere der letzteren vermindert werden müſste, u. dgl. m.

Das Bestreben, den Einfluſs des Mondes auf die Witterung aufzufinden, hat die Untersuchungen seiner Einwirkung auf das Barometer ausnehmend vervielfacht, und das Stattfinden eines solchen Einflusses ist von vielen, jedoch ohne hinreichenden Grund behauptet, z. B. von KRATZENSTEIN [1], TOALDO [2], insbesondere von LAMARK [3], welcher denselben sehr hoch anschlägt, als allgemein statt findend, und die Constitution der Witterung vorzüglich bedingend annimmt. Auch COTTE [4] hielt anfänglich ein den Mondsphasen correspondirendes Schwanken des Barometers für unleugbare Thatsache. Er wurde aufs neue auf diesen Gegenstand aufmerksam gemacht durch die Resultate, welche LUKE HOWARD aus eigenen einjährigen Beobachtungen zu Plaiston in Essex im Jahre 1798 und aus den zehnjährigen Londonern von 1787 bis 1796 erhalten zu haben meinte [5], wonach das Barometer in den Syzygien sinken, in den Quadraturen dagegen steigen soll, und zwar im Mittel um 0,4 engl. Lin. über oder unter den mittleren Stand. Dieses traf indeſs nicht überein mit demjenigen, was COTTE beobachtet haben wollte [6], nämlich ein Steigen des Barometers vom Neumond bis Vollmond, und ein Sinken vom Vollmond bis Neumond, desgleichen einen höheren Stand in den Apogeen, als in den Perigeen, ein Steigen beim Uebergange des Mondes aus dem nördlichen Lunistiz zum südlichen, und ein Sinken beim Uebergange aus dem südlichen in das nördliche. Aufmerksam gemacht durch HOWARD's Behauptung prüfte COTTE dieselbe nach seinen 34,5 jährigen Beobachtungen, und fand

	Neumond	Erste V.	Vollm.	Letzte V.
Steigen d. Bar.	218	296	199	290
Fallen d. Bar.	281	229	279	106
differ.	63	67	80	84

1 Abhandl. vom Einflusse des Mondes in die Witterung. Halle 1746.

2 Saggio meteorologico. Padova 1771. 8.

3 J. de Ph. III. 428. G. VI. 204.

4 Traité de Météorologie. Par. 1774. p. 186 ff. Mémoires sur la Météorologie. Par. 1788. I. 100 ff.

5 Phil. Mag. VII. Bibl. univ. XIX. 227.

6 J. d. Ph. XLIV. 252.

Hierdurch findet Cotte Howard's Behauptung bestätigt, nämlich dafs das Barometer in den Quadraturen steigt, in den Syzygien aber fällt. Aufserdem geben ihm die Differenzen noch das Gesetz, dafs zwischen den beiden ersten und den beiden letzten Lunationen ein nahe gleiches Verhältnifs statt finde, und dafs der Einflufs bei den beiden letzten am stärksten sey[1]. Hierbei mufs aber auffallen, dafs die Summen der Fälle des Steigens und Fallens nicht gleich sind, und wenn man dieses aus der Nichtangabe der unveränderten Stände erklären wollte, so haben 34,5 Jahre, jedes zu 13 Mondwechseln gerechnet, nur 448,5 Mondwechsel, welche Zahl in den Angaben dreimal überschritten wird. Es liegt also entweder eine Unrichtigkeit hierbei zum Grunde, oder Cotte hat mehrere Tage um die Zeit der Mondwechsel aufgezählt und mit in Rechnung gebracht, woraus indefs kein sicheres Resultat gefolgert werden kann. Weit zweckmäfsiger ist dagegen diejenige Zusammenstellung, welche derselbe auf Veranlassung von Laplace mittheilt[2], nämlich der mittleren Barometerstände am Tage der Lunationen und am nächstfolgenden, welches für 20 Jahre oder 260 Mondsmonate folgende Resultate gab:

Neumond . .	27 Z. 9,16 Lin.
Erstes V. . .	27 Z. 9,09 —
Vollmond . .	27 Z. 8,99 —
Letztes V. . .	27 Z. 9,05 —

Hieraus folgt für die Syzygien eine Vermehrung von 0,005 Lin. über den Stand in den Quadraturen, eine allerdings unmerkliche, und nur durch eine sehr grofse Menge von Beobachtungen aufzufindende Gröfse. Nach 27 jährigen Beobachtungen von Placidus Heinrich[3] betrug die Summe aller Unterschiede über den mittleren Barometerstand in den Apogeen — 6,0954 Lin. in den Perigeen + 4,4756 Lin., die Hälfte des Unterschiedes giebt also für den ersteren — 0,8099 L., gerade das Gegentheil dessen, was man erwarten sollte.

1 J. d. Ph. LIV. 415.
2 J. d. Ph. LV. 197.
3 Mon. Cor. XV. 337.

Die durch Horner und Langsdorf angestellten Beobachtungen der barometrischen Oscillationen innerhalb der Tropen dienen insbesondere dazu, auch den Einfluſs des Mondes auf dieselben auszumitteln[1]. Die gröſsten täglichen Oscillationen betrugen 1,02 Lin. engl. und fielen in die Zeit, wenn die Declination des Mondes 5° S. war. Der Durchgang des Mondes durch den Meridian zeigte keinen Einfluſs, und eben so der Abstand desselben vom Zenith, auch lieſs sich über die Verschiedenheit der Wirkung im Apogeo und Perigeo kein sicheres Resultat erhalten. Die kleinsten täglichen Oscillationen betrugen 0,61 Lin. engl. und auch hierbei fiel der Punct des stärksten lunaren Einflusses auf den Stand des Mondes in 4°,6 S. Weder die Zenithdistanz des Mondes noch der Sonne zeigten irgend einen Einfluſs, wohl aber das Befinden des Mondes im Apogeum, und daſs sowohl das Maximum als das Minimum der Oscillationen mit der Entfernung des Beobachtungsortes vom Aequator zunahm, geht gleichfalls sichtbar hervor. Wird hiermit endlich dasjenige verbunden, was nach der oben mitgetheilten Angabe von Laplace hinsichtlich auf den Einfluſs des Mondes auch in mittleren Breiten folgt, so ist die Sache selbst zwar erwiesen, zugleich ergiebt sich aber, daſs die sehr geringe Einwirkung desselben nur durch vieljährige sehr genaue Beobachtungen aufgefunden werden kann.

Aus den oben angegebenen Barometerhöhen zur Bestimmung der regelmäſsigen täglichen Oscillationen folgt im Allgemeinen, daſs das Barometer am Tage höher steht als bei Nacht. Nach Horner[2] beträgt dieser Unterschied 0,2 Lin. engl., jedoch ist derselbe nicht geneigt, die Wärme allein als Ursache hiervon anzusehen, wie meistens geschieht.

Einen allgemeinen Einfluſs der Wärme auf den Stand des Barometers haben Perrier[3], Garden[4], Halley[5], le Cat[6],

1 Mém. de Pet. I. 457.
2 Mém. de Pet. I. 455.
3 Pascal Traité de l'équil. p. 199.
4 Phil. Tr. n. 171.
5 Ebend. n. 181.
6 Nouv. Mag. François. 1750. Dec.

Mairan[1] Copland[2] und andere angenommen, und zwar in der Art, dafs sie ein Fallen desselben bewirken solle. Indefs zieht de Lüc[3] diese Behauptung in Zweifel, und nach Cotte[4] ist sie der Erfahrung nach unstatthaft. So fern aber, als die Wärme die Verdunstung und die wässerigen Meteoro aller Art bedingt, kann sie zugleich auch mittelbare Ursache der barometrischen Schwankungen seyn.

Alle übrigen Barometerveränderungen, aufser den angegebenen regelmäfsigen, werden unter die unregelmäfsigen gerechnet, worüber man im Allgemeinen sagen kann, dafs sie, die feinsten Schwankungen mitgerechnet, nie aufhören, indem vorzüglich unter höheren Breiten bei den unausgesetzten Zersetzungen in der Atmosphäre, der ungleichen und partiellen Erwärmungen derselben und den dadurch erzeugten Strömungen nebst dem Widerstande, und den mannigfaltigen Modificationen, welche diese durch die Gegenstände auf der Erdoberfläche erleiden, an sehr feinen Barometern eine unaufhörliche Bewegung wahrgenommen wird. Leicht ist es daher erklärlich, dafs die barometrischen Schwankungen auf der See weit geringer und minder zahlreich sind als an den Küsten, und noch mehr tiefer landeinwärts, desgleichen dafs sie mit der Erhebung über die Meeresfläche abnehmen. Nach 15 monatlichen Beobachtungen nämlich in Genf und auf dem Hospitium des St. Bernhard in den Jahren 1817 und 18 betrug die Differenz des höchsten und niedrigsten Standes unten 7,74 Lin. oben 7,14[5]. Auch in Thälern sollen nach Cotte[6] die Barometerveränderungen stärker seyn als auf Bergen. Als allgemeine Regel ist ferner ausgemacht, dafs die Schwankungen stärker sind im Winter, als im Sommer, nach einigen Beobachtern am zahlreichsten in den Nachtgleichen; die gröfste mittlere Höhe aber fällt in

---

1 Recueil des Diss. qui ont remporté le Prix de l'Ac. de Bourdeaux. T. I.

2 Manchester Mem. IV. Darwin's Botanik Garden I. p. 79. ff.

3 Recherch. T. I. sect. I. chap. 3.

4 J. d. Ph. XLIV. 232.

5 Bibl. univ. X. 23.

6 J. de Ph. XLIV. 232.

den Sommer. Cotte[1] hat diese Regeln aufgestellt, und aus seinen späteren Beobachtungen in Paris von 1806 bis 1808 die Gröfse der Variationen für jede Jahrszeit angegeben[2]. Hiernach betrugen sie:

Im Winter	von 27 Z. 2 L.	bis 28 Z. 9 L.	=	19 L.
Im Frühling	— 27 Z. 5 L.	— 28 Z. 7 L.	=	14 L.
Im Sommer	— 27 Z. 8 L.	— 28 Z. 7 L.	=	11 L.
Im Herbst	— 27 Z. 4 L.	— 28 Z. 9 L.	=	17 L.

Hiernach fiele indefs der höchste Stand in den Winter und Herbst, übereinstimmend mit Gronau[3], nach welchem das Barometer öfter und schneller und stärker im Winter schwankt als im Sommer, indem es im Winter seinen höchsten und niedrigsten Stand erreicht, ersteren in der Regel im December, letzteren im Januar. Eben dieses bestätigen die durch Ramond[4] im Jahre 1807 zu Paris und Clermont-Ferrand angestellten Beobachtungen. Auch aus den Petersburger Beobachtungen von 1772 bis 1790 folgt, dafs die gröfsten Schwankungen im December statt finden[5]. Aus den von Meyer und Kraft angestellten ergeben sich nach Leopold v. Buch[6] folgende Variationen.

Im Januar	—	16,600	Lin.	Im Juli	—	7,536	Lin.
Februar	—	14,880	—	August	—	9,000	—
März	—	13,416	—	Sept.	—	12,360	—
April	—	12,003	—	Oct.	—	13,954	—
Mai	—	9,900	—	Nov.	—	15,960	—
Juni	—	8,640	—	Dec.	—	16,680	—

Die oben nach dem eben genannten Gelehrten mitgetheilte Uebersicht der Differenzen des Barometerstandes unter verschiedenen Breiten ergeben gleichfalls, dafs die gröfsten in den Januar fallen. Blofs in Umeo fallen sie, wie in Petersburg, in den December. Merkwürdige Resultate liefern die meteorologischen Register, welche von Parry auf und

1 a. a. O.
2 J. de Ph. LXVIII. 327.
3 Schrift. der Berl. Ges. nat. Fr. II. 31.
4 Biot Traité. I. 103.
5 Ann. of Phil. N. S. IV. 15.
6 J. d. Ph. XLIX. 85.

in der Nähe der Insel Melville ein ganzes Jahr hindurch geführt wurden. Hiernach betrugen die Differenzen des Barometerstandes in par. Zollen[1]

Aug.	0,137	Febr.	0,426
Sept.	0,668	März	0,806
Oct.	0,479	Apr.	0,990
Nov.	0,307	Mai	0,117
Dec.	1,065	Juni	0,407
Jan.	0,884	Juli	0,264

Die gröfste Differenz fällt auch hier in den December, erreicht aber keine 13 par. Lin. Es mufs dieses so viel auffallender erscheinen, da Scoresby im nördlichen Polarmeere weit stärkere, und oft sehr schnelle Wechsel wahrnahm. Unter die merkwürdigsten gehören folgende in englischen Zollen, und während der in Stunden angegebenen Zeit von ihm beobachteten[2]:

Jahr	Monat	Breite	Veränd.	Zeit
1808	Apr. 4	66°.59′	fiel 0,92	24
—	Mai 12	77. 40	— 0,72	24
1809	— 6	73. 49	— 0,62	24
1812	— 2	75. 23	— 0,77	12
—	— 3	75. 35	— 0,92	24
1813	Apr. 7	66. 30	stieg 0,50	12
—	— 13	73. 11	fiel 1,02	12
—	— 23	80. 07	— 0,82	24
—	— 24	80. 10	stieg 0,86	24
1814	— 13	71. 00	fiel 1,00	24
1815	— 12	77. 21	stieg 0,60	14
—	— 27	78. 20	fiel 0,81	24
—	— 28	78. 10	stieg 0,67	12
—	— 29	78. 00	— 0,80	20
1816	— 14	72. 54	fiel 0,53	16
1817	— 13	68. 03	— 0,73	24
—	— 18	71. 56	— 1,12	21
—	— 20	73. 25	stieg 1,01	35

1 Zweite Entdeckungsreise von Parry. Hamb. 1822.

2 Account of the Arctic Regions cet. II Vol. 8. Edinb. 1820 I. 371.

Die gröfste, von ihm beobachtete Höhe betrug 30,57 e. Z. am 2. Mai 1815, die geringste 28,03, am 5. Apr. 1808 unter 66° 50′ N. B. Sonst stand jenseits 71° N. B das Barometer nie unter 28,75 Z. Uebrigens betrugen die stärksten Differenzen

Im April während	7	Jahren	2,45	engl. Z.
Mai —	12	—	1,34	
Juni —	10	—	1,12	
Juli —	6	—	1,00	

Dafs das Barometer im Allgemeinen im Sommer höher steht als im Winter, und dafs namentlich der höchste mittlere Stand desselben in den Juni fällt, folgert Dalton [1] aus eigenen Beobachtungen zu Manchester, desgleichen aus denen von Hutchinson während 25 Jahren in Liverpool angestellten, und aus 38 jährigen der Königl. Societät. Als Ursache hiervon sieht er die gröfsere Menge der Feuchtigkeit an, welche zwar leichter ist als die Luft, aber doch die absolute Menge derselben vermehrt. Wäre dieser Grund richtig, wie immer noch fraglich ist, wenn man ein Gleichgewicht der Atmosphäre auf beiden Hemisphären annimmt, so müfste der Barometerstand auf der südlichen Halbkugel im Winter gleichfalls gröfser seyn. Sonst kann man im Allgemeinen annehmen, dafs die unregelmäfsigen barometrischen Oscillationen hauptsächlich eine Folge der veränderlichen Winde sind [2]. Krusenstern schreibt daher die Sicherheit, womit er den Gefahren eines Sturmes jederzeit die geeignetsten Mafsregeln entgegen stellte, hauptsächlich den beharrlichen Barometerbeobachtungen zu, und Scoresby versichert [3], dafs er die Zeit und Stärke der Stürme aus dem Verhalten des Barometers mit einer unter 18 Malen 17 Male zutreffenden Gewifsheit vorausgesagt habe. Mit gleicher Gewifsheit kann man nach Flinders [4] auch an den Küsten von Neuholland aus dem Barometerstande auf die Richtung und Stärke der nahe be-

1 Ann. of Phil. XV, 249.

2 S. *Winde*, und ebend. die Theorie des Zusammenhanges zwischen den Luftströmungen und Barometerständen.

3 Account. I. 373.

4 Phil. Trans. 1806. P. II.

vorstehenden Winde schliessen. Kurze Andeutungen über den Zusammenhang der Winde und der Barometerstände in Paris giebt Cotte[1], ausführlichere Wild[2] und Burckhardt[3] nach vierjährigen Kopenhagener Beobachtungen, welche für den mittleren Barometerstand bei Ostwinde und Westwinde eine Differenz von 2,45 p. L. zeigen, desgleichen nach 27 jährigen Beobachtungen von Messier in Paris[4], wonach folgende Winde und mittlere Barometerstände in p. L. einander zugehören

N.	NW.	W.	SW.	S.	SO.	O.	NO.
337,6041	7,3805	6,4978	5,5084	5,3151	6,2945	7,1583	7,7684.

Aus Bequelin's Beobachtungen von 1782 bis 86 findet Leopold v. Buch[5] den mittleren Barometerstand

bei N.	NW.	W.	SW.	S.	SO.	O.	NO.
Lin. 336,32	5,85	5,13	3,61	3,06	4,55	6,36	6,62

Hiernach zeigt er, wie nach Ramond's Behauptung man die Richtung des Windes eigentlich besser nach dem Barometerstande als nach der Windfahne bestimmen könne. Ebenderselbe nahm deutlich wahr, wie die verschiedenen Luftströmungen bei Teneriffa das Barometer ungleich afficirten[6]. Im Sommer nämlich, wenn unten NO. oben SW. herrschte, ist dort der Barometerstand höher, nämlich im Mai bis Aug. im Mittel 339,173 Lin., wenn aber der Südwind allein herrscht, vom Sept. bis April, im Mittel 338,017 Lin., beide auf 0° reducirt. Beispiele eines bedeutenden Einflusses einzelner beobachteter Stürme auf den Stand des Barometers giebt es eine solche Menge, dass es sich nicht der Mühe belohnt, sie einzeln namhaft zu machen, z. B. von Bedemar[7], v. Buch[8] u. v. a.

---

1 J. de Ph. LXVI. 290.

2 Allg. Geogr. Ephem. IV. 385.

3 M. C. III. 66.

4 M. C. III. 543.

5 Berlin. Denksch. 1818. im Ausz. b. G. LXVII. 294. Vergl. 437.

6 Berlin. Denksch. 1820. 113.

7 Reisen. I. 59.

8 G. LXVII. 300

Dafs vor und beim Regen und Schneien das Barometer fällt, ist seit Pascal[1], Beal und Wallis[2], Garcin[3], de Lüc[4], Chiminello[5] u. a. allgemein bekannt, und hat Veranlassung gegeben, dieses in die Scalen der gemeinen Wetterbarometer mit aufzunehmen[6]. De Lüc[7] war geneigt, die gesammten Barometerveränderungen auf die Bildung oder den Niederschlag des spec. leichteren Wasserdampfes zurückzuführen, wogegen de Saussure[8] geltend machte, dafs das spec. Gew. der völlig trocknen Luft zu der völlig feuchten sich wie 765 : 761 verhalte, mithin das Aufsteigen des Wasserdampfes das Gewicht der Luft nur um $\frac{4}{765}$ verminderen, und also nur 2 Lin. Barometerveränderung bewirken könne, wodurch allerdings de Lüc's Ansicht widerlegt wird. Das Fallen des Barometers, so fern es durch den atmosphärischen Wasserdampf bedingt wird, ist indefs nicht sowohl Folge des aufsteigenden leichteren Wasserdampfes, als vielmehr des niedergeschlagenen, und einer dadurch erzeugten örtlichen Verminderung der Luftmasse. Indefs hat hierbei zugleich die Richtung des Windes einen bedeutenden Einflufs, so dafs man nur mit Berücksichtigung dieser Bedingung vom Stande des Barometers auf das eine oder das andere dieser Phänomene schliefsen kann[9]. Leopold v. Buch zeigt, dafs, wenn die von ihm angegebenen mittleren Barometerstände, welche den zugleich genannten Winden zugehören, Regen oder Schnee bringen sollen, das Barometer für dieselben Winde folgende Differenzen zeigen mufs:

	N.	NW.	W.	SW.	S.	SO.	O.	NO.
Reg.	1,90	0,81	0,95	1,05	0,96	1,52	1,19	1,52
Sch.	3,07	1,48	1,51	1,68	2,30	1,34	2,98	2,87

1 Traité de l'équil. des liqueurs. p. 153.
2 Phil. Tr. N. 9 und 10.
3 Journ. Helvétique. 1734 u. 35.
4 Recherch. T. I. Sect. I. ch. 3.
5 Gehlen's Journ. VIII. 195.
6 S. *Regen*. Daselbst die Theorie.
7 Recherch. T. II. Sect. IV.
8 Essay sur l'hygrom. Ess. IV. ch. 3.
9 Halley Phil. Tr. n. 181. Gersten Tentam. System. novi ad mutationes barom. ex natura elateris aërii demonst. Frankf. 1733. 8. de la Hire Mém. de Par. 1705. Mariotte Discours de la nature de l'air. 1676.

Es ist sonach kein Landregen zu erwarten, so lange das Barometer nicht unter den mittleren Stand herabgeht. Die Differenzen, wenn es schneien soll, sind noch stärker, auch muſs das Barometer bei nördlichen und östlichen Winden tiefer fallen, mithin kann der Schnee nicht aus den Polargegenden kommen, sondern muſs durch Abkühlung der südlichen feuchten Luftströmungen entstehen. Andere vielfache Hypothesen über die Ursachen der Barometerveränderungen, z. B. von WOODWARD[1], D. BERNOULLI[2], PIGNOTTI[3] verdienen gegenwärtig keine weitere Berücksichtigung. Nach KIRWAN[4] sind die Barometerveränderungen eine Folge der unter dem Aequator aufsteigenden verbrennlichen Luft, welche nach den Polen abflieſsend die Nord- und Südlichter erzeugen soll. Darum glaubt er auch, die Barometerveränderungen pflanzten sich bei uns von W nach O fort, welches PLANER[5] und STEIGLEHNER[6] bestätigt finden wollten. De Lüc nahm seine Theorie später wieder zurück, als er den Wasserdampf für aufgelöset in Luft hielt. Auf diese Hypothese gründeten LAMPADIUS[7] und HUBE[8] ihre Erklärungen der Barometerveränderungen, welche aber mit dem Untergange jener Hypothese ihre Stütze verloren haben[9]. Daſs die Elektricität einen unmittelbaren Einfluſs auf das Barometer habe, u. z. daſs eine groſse Menge vorhandener Luftelektricität das Barometer fallen mache, hat man zwar geglaubt[10], indeſs wird gegenwärtig niemand dieser Meinung

---

1 Hist. natur. telluris. Lond. 1695.

2 Hydrodyn. Sect. X.

3 De Saussure Essay II. ch. 3 et 9.

4 Trans. of the Irish Acad. T. II. 49. in Gren. J. IV. 59. Phil. Tr. 1770. 148 Bibl. Brit. VI. 97. 193.

5 Ephem. Soc. met. Palat. II.

6 Atmosphaerae pressio varia observat. bar. propr. et alienis quaesita. Ingolst. 1783. 4.

7 Kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorien des Feuers. Gött. 1793. p. 104.

8 Ueber d. Ausdünstung cet. Leipz. 1790. Cap. 69 u. 70. Vollständiger und faſslicher Unterricht in d. Naturl. Leipz. 1793. II. Br. 39.

9 Vergl. *Atmosphäre, Bestandtheile.*

10 GIOVENE in Memor. di Mat. e di Fis. della Soc. Ital. delle Scienze Tom. VIII. CHIMINELLO ebend. T. XIII. P. II. p. 140.

mehr beipflichten. Lister[1] glaubte sogar die Ursachen der Barometerveränderungen im Quecksilber des Barometers suchen zu müssen.

Bei den oft sehr partiellen und auf kleine Districte beschränkten Luftströmungen und den mannigfaltigen Hindernissen und bedingenden Umständen, wodurch die Richtung und Stärke derselben auf dem Lande abgeändert wird, bei den oft sehr partiellen Gewittern, Regen- und Schneeschauern, kann es nicht befremden, wenn die Barometerstände an Orten, welche einen oder mehrere Grade von einander entfernt liegen, oft bedeutend verschieden sind. Insbesondere wird diese Differenz auf nicht eben bedeutende Strecken dann bemerkbar, wenn die Oerter in ungleichen Höhen liegen, in welchem Falle sie in einzelnen Tagen und selbst in einzelnen Monaten beträchtlich seyn kann. So gaben monatliche mittlere Barometerstände zwischen Rolle und Genf für eine mittlere Höhe von 15^{m},5, noch mehr zwischen Rolle und dem St. Bernhard für eine mittlere Höhe von 2111^{m},7 und zwischen Genf und dem St. Bernhard für eine mittlere Höhe von 2097^{m} eine nicht unmerkliche Differenz[2]. Dagegen müssen auf der andern Seite bei der Beweglichkeit des in sich zusammenhängenden Luftmeeres, wenn man die Zeit berücksichtigt, in welcher sich die Bewegungen der Luft fortpflanzen können, die Barometerstände auf nicht zu weit entfernte Strecken sehr übereinstimmend seyn. Diese Correspondenz, welche auf dem Meere viel gröfser ist, findet zuweilen auch auf dem Lande auf eine merkwürdige Weise statt, wie aus mehreren Vergleichungen gleichzeitiger Beobachtungen evident hervorgeht, z. B. zu La Chapelle und Florenz auf eine Strecke von 262 lieues, zwischen Harvid in Dänemark, Gotha, Bordeaux, München, Udine, Pisa, Turin, Florenz und Macerata in der Romagna[3], desgleichen zwischen Gotha und Dijon[4] u. a. m. Ein ähnliches Resultat

1 Phil. Tr. n. 165.

2 Bibl. univ. XIX. 157. Ueber den Einflufs, welchen die Höhe auf den Stand des Barometers hat S. *Höhenmessungen, barometrische.*

3 Ebend. XVIII. 261.

4 Ebend. XIX. 97.

erhielt schon MARALDI[1] aus einer Reihe gleichzeitiger Beobachtungen zu Paris und Zürich, COTTE[2] durch Vergleichung von Barometern zu Bordeaux und Montmorenci und Ramond[3] aus den verglichenen gleichzeitigen Barometerveränderungen zu Paris und Clermont Ferrand.

Das *Leuchten* der Barometer endlich, welches PICARD 1676 zuerst wahrnahm, und nebst DE LA HIRE, JOH. BERNOULLI, HOMBERG und MAIRAN nach den Begriffen der damaligen Zeit aus einem eigenthümlichen Phosphor erklärte[4], hielt man mit DU FAY meistens für eine Folge des guten Ausgekochtseyns[5], obgleich MUSSCHENBROEK die Anwesenheit von etwas Luft für nothwendige Bedingung erklärte[6]. HAWKSBEE[7] hielt das Licht für elektrisches, durch Reibung des Quecksilbers an den Glaswänden, oder von durchströmender Elektricität entstanden, welche Meinung ohne Zweifel richtig und jetzt allgemein angenommen ist[8]. Dafs das Leuchten ein Beweis aller Abwesenheit von Luft sey, ist falsch, aber eben so wenig ist Anwesenheit von Luft eine nothwendige Bedingung, obgleich nicht völlig ausgekochte Barometer leichter leuchten. Vorzügliche Bedingung ist die eigenthümliche Beschaffenheit des Glases der Röhren[9]. *M.*

---

1 Mém. de l'Ac. 1709. p. 23. u. 233.

2 J. de Ph. XLI. 54. XLII. 340.

3 Biot Traité. I. 103.

4 Hist. de l'Acad. 1700.

5 Hist. de l'Ac. 1723. p. 295.

6 De Lüc Recherch. §. 69.

7 Phil. Tr. 1708.

8 Trembley in Phil. Tr. XLIV. 58.

9 Aufser der angegebenen Literatur können noch genannt werden: MICHAEL DU CREST kleine Schriften von Barometern und Thermometern. A. d. Fr. von J. C. Thenn. Augsb. 1770. BRANDER Beschreibung zweier besonderer und neuer Barometer, die zu Höhenmessungen vorzüglich zu gebrauchen sind, als ein Zusatz zu du Crest's Sammlung. Augsb. 1772. J. C. HOLLMANN Nöthiger Unterricht von Barometern. Gött. 1783. 8. J. G. v. MAGELLANS Beschreibung neuer Barometer u. s. w. Leipz. 1782. Ueber die älteren Barometer handelt ausführlich BÜLFINGER in Com. Pet. I. 317 ff. Ueber die neueren Beiträge zur Verfertigung und Verbesserung d. Barometers von VOIGT. Erst. Hft. Frankf. 1795. 2tes Hft. Leipz. 1799. BISCHOF bei Schweig. J. XV. 397. Anleitung zur Verfertigung übereinstimmender Thermometer und Barometer für Künstler und Liebhaber dieser Instrumente von Dr. F. KÖRNER. Jena 1824. 8. (Vollständig und gründlich).

Baryum.

Baryum; Baryum, *Barium.* Dieses Metall hat bis jetzt nur vermittelst der galvanischen Elektricität oder vielleicht auch vermittelst des Knallgasgebläses in sehr kleiner Menge rein dargestellt werden können. Nach H. Davy, seinem Entdecker, ist es grau, ductil und bedeutend schwerer als Vitriolöl. Es oxydirt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft und im Wasser.

Seine Verbindungen sind folgende:

Der *Baryt*, die *Baryt*- oder *Schwererde* (68 Baryum auf 8 Sauerstoff) ist eine hellgraue erdige Substanz von alkalischätzender Wirkung. Der Baryt löst sich im Wasser zu Barytwasser auf; die heiſse Auflösung gibt beim Erkalten wasserhaltige Barytkrystalle. Mit Säuren bildet der Baryt die *Barytsalze*, welche im aufgelösten Zustande giftig wirken und, wenn sie in Wasser löslich sind, vorzüglich daran erkannt werden, daſs sie selbst bei groſser Verdünnung mit Wasser durch die Schwefelsäure und ihre Salze gefället werden. Die wichtigeren Barytsalze sind: der *kohlensaure Baryt*, welcher als *Witherit* natürlich vorkommt; der *schwefelsaure Baryt* oder *Schwerspath*, ein nicht bloſs in Wasser, sondern auch in allen Säuren, auſser Vitriolöl, unauflöslicher Körper; der *salzsaure* und der *salpetersaure Baryt*, welche im Wasser löslich sind, und vorzüglich zur Entdeckung der Schwefelsäure in irgend einer wässrigen Flüssigkeit angewendet werden.

Das *Baryumhyperoxyd* (scheint auf 68 Baryum 16 Sauerstoff zu enthalten) ist ebenfalls grau. In wässriger Salzsäure löst es sich zu salzsaurem Baryt auf, während der überschüssige Sauerstoff desselben an einen Theil des Wassers tritt und dieses in Wasserstoffhyperoxyd verwandelt, worauf die Darstellung dieser merkwürdigen Substanz beruht.

Das *Chlorbaryum* ist eine weiſse, schmelzbare, sich in Wasser zu salzsaurem Baryt auflösende, das *Schwefelbaryum* eine braune, in Wasser als hydrothionsaurer Baryt lösliche Substanz und das *Phosphorbaryum*, welches dunkelrothbraun ist, zerfällt im Wasser zu Baryt, unterphosphoriger Säure und sich entwickelnden Phosphorwasserstoffgas. *G.*

Bathometer.

Ein Instrument, um groſse Tiefen im Meere zu messen, von *βάθος*, Tiefe und dem bekannten Worte *μέτρον*, Maſs. Gewöhnlich wird die Tiefe unmittelbar mit der *Sonde* gemeſsen, einer starken hänfenen Schnur, welche mit kleinen Lappen bunten Zeuges von Klafter zu Klafter eingetheilt ist, und deren unteres Ende ein cylindrisches Bleigewicht, 20 bis 50 Pfund schwer, trägt. Dieses Letztere hat an seiner untern Grundfläche eine konische Höhlung, die mit Talg ausgefüllt wird, damit die Substanz des Grundes, Schlamm, kleine Steine, Muscheln sich daran anklebe, was etwa bei tiefliegenden Sandbänken zur Erkenntniſs des Bodens, und dadurch zur Bestimmung der geographischen Lage des Schiffes dienlich ist. Allein dieses Werkzeug, so sehr es durch seine Einfachheit und Genauigkeit sich empfiehlt, wird in gröſsern Tiefen von unbequemem Gebrauche. Ein besonderes Hinderniſs liegt in der Anhängung des Wassers an die Lothleine und der daher entstehenden Reibung der Wassertheile an einander, welche auf Längen von ein und mehrern tausend Fuſs einen Widerstand ausmacht, welcher vereint mit dem Gewichte des Bleilothes und der Leine selbst, das Heraufziehen ungemein mühsam macht [1]. Die raschen Hebungen und Senkungen des Schiffes, die am Hintertheil leicht ein Paar Klafter und mehr betragen mögen, erschweren diese Arbeit durch die Ungleichförmigkeit des Zuges. Hierzu kommt die Seltenheit gänzlicher Windstillen, die Unannehmlichkeit, durch Beilegen des Schiffs sich auch der kleinen Vortheile des Vorrückens zu berauben, die schiefe, oft gekrümmte Richtung, welche die Lothleine erhält, wenn das Schiff nur einigermaſsen aus der Stelle rückt, was denn allerdings die richtige Bestimmung der Lothrechten Tiefe schwieriger macht.

Diese Mängel der gewöhnlichen Meeressonde haben schon längst die Physiker auf die Erfindung eines Instruments ge-

---

1 An der Insel Tenariffa bedienen sich die Fischer zum Angeln in groſsen Tiefen des Messingdrathes. Bei einer solchen Leine würde allerdings die Reibung des Wassers wegfallen.

führt, bei welchem die Tiefe nicht durch eine Schnur, sondern durch eine Vorrichtung, die denen unserer Wegemesser gleicht, bestimmt werden könnte. Es besteht aus drei Haupttheilen: 1. einem Gewichte, welches die Maschine in die Tiefe zieht, 2. einem Schwimmer, welcher sie, wenn jenes abgelöst ist, wieder steigen macht, und 3. aus einigem Räderwerke, als Wegemesser. Zugleich befindet sich an derselben eine Vorrichtung, vermittelst welcher das Gewicht, ein Stein, oder eine Stückkugel, herausfällt, so wie die Maschine auf den Grund stöfst. Der Schwimmer ist eine gut bemalte Stange von Tannenholz, die man oben mit einer leichten blechernen Fahne versehen kann, damit sie beim Auftauchen desto leichter gesehen werden könne. Der Wegemesser enthält eine leicht bewegliche Axe, an deren Vorderende zwei kleine, wie Windmühlenflügel geneigte Flächen befestigt sind, welche durch den schiefen Stofs des Wassers in Bewegung gesetzt werden. Eine auf dieser Axe eingeschnittene Schraube ohne Ende greift zu gleicher Zeit in die Peripherien zweier Räder ein, von denen das eine 100, das andere 101 Zähne hat, so dafs die *relative* Verrückung beider Räder um ein Hunderttheil ihrer Eintheilung zu erkennen giebt, dafs ein ganzer Umlauf, mithin 100 Umdrehungen der Axe vollendet worden seyen[1]. Man kann also mit diesen zwei Rändern bis auf 10000 Umläufe des Axe zählen, der Werth eines solchen Umlaufs in Theilen der von der Maschine durchlaufenen Weges wird durch Versuche bestimmt. Noch mufs die Anordnung getroffen werden, dafs, indem durch das Aufstofsen auf den Boden das Gewicht aufgelöst wird und herausfällt, auch zugleich entweder die Bewegung des Wegmessers abgestellt, oder (was vielleicht noch besser wäre) derselbe senkrecht umgewendet und so der Weg auch beim Heraufsteigen gemessen werde.

Dieses wäre im Allgemeinen ein Abrifs eines zweckmäfsig eingerichteten Bathometers[2]. Schade jedoch ist es, dafs

---

1 Aehnlich der Einrichtung an Bregnets Schrittzählern. Die Engländer nennen solche Räder *hunting wheels*.

2 Wir übergehen hier die unvollkommnern Constructionen, bei welchen man den Wegmesser durch minder sichere Mittel ersetzen wollte.

die Brauchbarkeit dieses Werkzeuges noch durch keine Versuche im Grofsen entschieden ist. Nicht zu gedenken der Schwierigkeiten, welche ein schlammiger Boden, Seegras, und selbst das Eindringen des Seewassers in hohle oder poröse Körper in so grofsen Tiefen dem Wiederaufsteigen der Maschine entgegensetzen könnte, so scheint die wichtigste Bedenklichkeit in der Frage zu liegen, ob es möglich sey, vom Verdecke des Schiffes einen Körper von so unbedeutender Gröfse, wie jene Spindel mit ihrer Fahne wäre, auf dem weiten Ocean wahrzunehmen, besonders wenn, was wohl in den meisten Fällen statt finden dürfte, entweder das Schiff durch eine unmerkliche Wirkung des Windes weiter getrieben, oder das Bathometer durch Strömungen entführt worden wäre. Das Stillschweigen, welches bei den neueren in England mit so grofser Vollständigkeit veranstalteten Ausrüstungen für die Entdeckung der Nordwestlichen Durchfahrt in Beziehung auf dieses Instrument beobachtet worden ist, läfst für seine Anwendbarkeit kein günstiges Vorurtheil von Seiten der Seefahrer voraussetzen. Die Sondirungsversuche, die auf diesen letztern Reisen öfters bis 1000 und mehr Klafter gemacht worden sind, beweisen übrigens, dafs, wenn es der Wille des Befehlshabers ist, auch die oben bemerkten Hindernisse nicht vermögend sind, von einem Versuch abzuschrecken, welcher der Physik und der Erdkenntnifs so interessante Resultate gewähren kann. Zu wünschen wäre jedoch, dafs Seefahrer, welche dazu Gelegenheit haben, wenigstens Versuche über das Wiederemporkommen solcher Stangen und die Möglichkeit sie wahrzunehmen, anstellen möchten. Man könnte sich hierbei zur Auslösung des Steines einer einfachen hölzernen Vorrichtung, einer Art Falle, bedienen, die überall leicht anzufertigen ist[1].

H.

---

1 Man sehe hierüber: Gilb. Ann. Bd. 19. p. 344. und besonders Bd. 33. p. 417 und folgg. wo nebst der Nachricht von einer Schrift des Stiprian Luisius hierüber auch das Geschichtliche der frühern Vorschläge zu lesen ist.

Batterie.

Elektrische Batterie; *Suggestus phialis leidensibus pluribus una explodentibus*; Batterie électrique; *Electric battery.* Eine zur elektrischen Geräthschaft gehörige Verbindung von mehreren Leidner Flaschen, belegten Glastafeln oder andern belegten, die Elektricität nicht leitenden Körpern, welche man auf einmal laden und entladen, und dadurch elektrische Schläge von ungemeiner Heftigkeit hervorbringen kann, die in ihren Wirkungen denen des Blitzes schon sehr nahe kommen [1].

Gralath in Danzig verband zuerst, bald nach Entdekkung des Leidner Versuchs, mehrere mit Wasser gefüllte Destillirkolben, um den elektrischen Schlag mehr zu verstärken. Franklin [2] setzte eilf viereckige Glastafeln in ähnlicher Absicht zusammen, und gab dieser Einrichtung den Namen der *elektrischen Batterie.* Je nachdem man solche Batterieen aus Flaschen oder belegten Glastafeln zusammensetzt, fällt die Einrichtung verschieden aus.

1. Batterieen aus Flaschen.

Die Figur zeigt eine Batterie von 16 mit Stanniol belegten Flaschen, wie sie bis zu den von van Marum angegebenen Verbesserungen als die beste Einrichtung von den Physikern empfohlen war, und von Cavallo in seiner vollständigen Abhandlung von der Elektricität beschrieben und abgebildet ist. Jede von den cylindrischen Flaschen ist mit einem, mit Siegellackfirniſs überzogenen Deckel verschlossen, durch welche ein mit ihrer innern Seite verbundener messingener Stab (s. *Flasche belegte*) hervorgeht, der oben rund um den Draht E E gebogen, oder noch besser an denselben angelöthet ist. Man kann diesen Draht auch mit einem Knopfe versehen, der quer durchbohrt ist, wo denn der Draht E E durch die Löcher der vier in einer Reihe stehenden Flaschen hindurchgesteckt wird. Jeder Draht E E verbindet so die innere Seite von vier Flaschen, und hat an jedem Ende einen Knopf. Durch die Drähte F F F können

Fig. 174.

1 Vergl. *Flasche, geladene; Schlag, elektrischer.*

2 Briefe von der Elektr. übers. von Wilke. Leipzig 1758. 8. p. 36.

die *innern* Seiten aller sechzehn Flaschen mit einander verbunden werden. Jeder von denselben hat an dem einen Ende *einen* Ring, durch welchen einer von den Drähten E geht, an dem andern Ende aber einen messingenen Knopf. Da jeder derselben sich um den Draht E, der durch seinen Ring geht, bewegen läſst und auf dem nächsten Draht E aufliegt, so kann man ihn leicht von diesem wegnehmen und auf den entgegengesetzten Draht E auflegen, und auf diese Art kann man die Verbindung einer Reihe Flaschen mit der andern nach Belieben aufheben und entweder die ganze Batterie oder nur drei, zwei oder eine einzige Reihe von Flaschen gebrauchen. Man kann die Verbindung auch durch einen queergehenden Draht, der durch die Löcher der Erdknöpfe der vier je eine Reihe von Flaschen verbindenden Drähte hindurch gesteckt wird, und auf dessen beide Enden gleichfalls Knöpfe aufgeschraubt werden, zu Stande bringen. Der viereckige Kasten, worin diese Flaschen stehen, ist von Holz und auf dem Boden mit Blei oder Stanniol überlegt. Man theilt ihn am besten durch quergehende Leisten von 0,5 Z. Dicke in so viele Fächer als man Flaschen hat, damit diese sich nicht unmittelbar berühren, weil bei unmittelbarer Berührung unter einander es sonst leicht geschieht, daſs wenn durch Selbstentladung eine der Flaschen an einer Stelle durchbohrt wird, die mit ihr in Berührung stehende Flasche, wenn der Durchbruch an dem Berührungsorte erfolgt, zugleich mit zerbrochen wird. Der Kasten selbst hat an zwei einander gegenüberstehenden Seiten Handhaben, an welchen man ihn von einem Orte zum andern tragen kann. In der einen Seite ist ein Loch, durch welches ein eiserner Haken geht, der mit der metallischen Belegung des Bodens und also mit der inwendigen Belegung der Flaschen verbunden ist. An diesem Haken hängt ein Draht, der mit dem andern Ende an dem Auslader befestigt wird.

Man bestimmt die Gröſse einer Batterie nach der Gröſse der belegten Glasfläche, welche die zu ihr gehörigen Flaschen enthalten, weil sich die Stärke ihres Schlags unter übrigens gleichen Umständen nach der Gröſse dieser Fläche richtet. Hat z. B. jede Flasche $\frac{1}{4}$ Quadratfuſs belegte Glasfläche, so

wird die beschriebene Batterie von sechzehn Flaschen eine Batterie von 12 Quadratschuhen genannt. Eine solche gehört in Vergleich mit andern jetzt gebräuchlichen noch unter die kleinern, und ist für manche Versuche noch viel zu schwach. Zum Schmelzen eines Stahldrahts von 0,02 Zoll Dicke fordert Cavallo eine Batterie von wenigstens dreifsig Quadratschuhen. Cavallo räth lieber zwei, drei oder mehr kleinere Batterieen, wie sie die Figur vorstellt, anzulegen, als eine einzige von sehr grofsen Flaschen, welche schwer und unbequem sey. Man könne dann mehrere solcher Batterieen durch einen Draht oder eine Kette leicht vereinigen, wobei sie in jeder Hinsicht wie eine einzige grofse wirken. Kleine Flaschen haben indessen den Nachtheil, dafs bei ihrer grossen Menge die Gelegenheiten zum Ausströmen der Elektricität durch die vielen Knöpfe und Drähte, an welchen kleine Unebenheiten nicht ganz zu vermeiden sind, viel häufiger vorkommen.

Zu den Flaschen grofser Batterieen mufs man starkes und wohl gekühltes Glas nehmen, und besonders darauf achten, dafs sich nirgend Fehlstellen, z. B. Körner von Glasgalle u. dgl. finden, weil an solchen Stellen der Durchbruch einer starken Ladung bald erfolgt. Man kann solche Flaschen bis zur Höhe von 23 — 24″ und von einem Durchmesser von 12″ aus Glashütten erhalten, wo denn eine einzelne Flasche über 5 Quadratschuh Belegung hat, (wenn man nämlich die Belegung auf beiden Seiten zusammenrechnet, wie dies gewöhnlich von den Schriftstellern über Elektricität geschieht). Cylindrische Flaschen von 15″ Höhe und 4 — 5″ Durchmesser sind zu gewöhnlichen Batterieen sehr passend. Batterieen aus gewöhnlichen Apothekergläsern verfertigt, sind nicht zu empfehlen.

So wie die *Teylerische* Stiftung zu Haarlem die gröfste Elektrisirmaschine besitzt, so hat sie auch die gröfste elektrische Batterie aufzuweisen, die van Marum so vollkommen als möglich einzurichten sich bemüht hat. Die beste Batterie, mit welcher er seine interessanten Versuche über die Wirkung starker elektrischer Schläge anstellte, bestand aus 9 einzelnen Batterieen, wovon jede 15 Flaschen enthielt, deren jede einzelne einen Quadratschuh Belegung hatte. Die

Kasten, worin die Flaschen standen, wurden so an einander gestellt, dafs drei in einer Linie neben einander standen und folglich 15 Flaschen in einer Reihe. Die ganze zusammengesetzte Batterie bestand so aus 135 Flaschen und hatte eine Belegung von 135 Quadratschuhen. Später vermehrte er diese Batterie noch mit sechs neuen gleichen Kasten, so dafs sie demnach aus 225 Quadratfufs belegte Glasfläche in 15 Kasten vertheilt, deren jeder wieder 15 Flaschen enthielt, bestand. Sie ward durch 160 Umdrehungen der Maschine völlig geladen. Die absolute Gewalt ihres stärksten Schlags schätzt van Marum auf 10040 Pfd., indem es ihm nämlich gelang, einen Buchsbaumcylinder von 4'' Durchmesser und eben so viel Länge, seiner ganzen Länge nach dadurch zu spalten und also den Zusammenhang von 16 Quadratzoll aufzuheben, der auf jeden Quadratzoll seinen Versuchen zufolge 615 Pfd. betrug. Von Drähten von $\frac{1}{32}$'' Durchmesser schmolz sie den bleiernen und zinnernen in einer Länge von 120, den eisernen von 5'', den goldenen von 3'',5, von den silbernen, kupfernen und messingenen keinen Viertelzoll [1]. Van Marum verglich diese Batterie mit der von ihm früher gebrauchten von 125 Quadratschuh Belegung, und fand, dafs die beiderseitigen Wirkungen genau mit der verschiedenen Gröfse der Belegung im Verhältnifs standen, indem letztere von einem $\frac{1}{40}$'' dicken Eisendrath 6 Zoll weit, die verstärkte Batterie dagegen 10 Zoll schmolz[2]. Jedoch führte er eine noch viel gröfsere Batterie aus, die gröfste, die wohl zu Stande gebracht ist. Sie besteht, so wie sie noch jetzt in der Teylerischen Sammlung aufbewahrt wird, aus 100 Flaschen jede von 12'' Durchmesser und $22\frac{1}{2}$ — 23'' Höhe. Die Gläser selbst sind cylindrisch, bis ungefähr 4'' unterhalb ihrer Oeffnung, deren Weite ungefähr 5'' ist. Sie sind bis ungefähr 4 Zoll unterhalb dieser mit Stanniol überzogen, so dafs sie also in einer Höhe von $18\frac{1}{2}$ — 19'' belegt sind, die belegte Oberfläche jeder Flasche folglich $5\frac{1}{2}$ Quadratfufs, und demnach die Belegung der ganzen Batterie 550 Quadratfufs beträgt. Diese 100 Flaschen

---

1 Vergl. *Schlag, elektr.*

2 van Marum première Continuation des Experiences. cet. p. 2.

sind in 4 Kasten von gleicher Gröfse vertheilt, wovon also jeder 25 Flaschen enthält. Jeder Kasten ist durch Leisten von ½ Z. Dicke in 25 Fächer abgetheilt, aus dem oben angegebenen Grunde. Die Verbindung von je 25 Flaschen ist so eingerichtet, dafs jede Flasche einzeln herausgenommen, und wenn sie etwa durch eine Selbstentladung durch ihre Glaswand zerbrochen wäre, schnell ersetzt werden kann. Ein senkrechtes Rohr befindet sich nämlich auf der Mittelflasche jedes Kastens, an seinem obern Ende mit einer Kugel von 6″ Durchmesser versehen, die rund um 24 Löcher hat, in welche die, einen Zoll dicken, metallenen Röhren hineinpassen, deren untere Enden von den Kugeln, in welchen die Zuleiter der übrigen 24 Flaschen endigen, aufgenommen werden. Diese Kugeln von 3″ im Durchmesser haben zu diesem Behuf Löcher von 0,25 Z. und die Röhren sind an ihren unteren Enden mit Zapfen versehen, die in diese Oeffnungen hineinpassen. So kann man jede Flasche (mit Ausnahme der Mittelflasche) einzeln herausnehmen, ohne dafs die Verbindung der übrigen unter einander etwas gestört wird, indem man das Rohr aus seiner Kugel herausnimmt, welches sehr leicht geschieht, wenn man sein oberes Ende so weit in die gröfsere Mittelkugel hineinschiebt, dafs der Zapfen am unteren Ende aus der Oeffnung der Kugel der Flasche selbst herausgeht. Die Verbindung dieser 4 Batterieen, die aber auch einzeln, und wie aus dem Bisherigen erhellt, auch mit einem beliebigen Theile ihrer Flaschen bis auf eine einzige herab gebraucht werden können, zu einer einzigen geschieht durch 4 kupferne Röhren von zwei Zoll Durchmesser, die in eine kupferne Kugel von 6 Z. Durchmesser eingeschraubt sind, so dafs sie ein Kreuz bilden; die andern Enden dieser Röhre sind mit dicken Kupferplatten versehen, in ihrer Mitte mit einem Loche durchbohrt, durch welches die männliche Schraube geht, die am Ende der Röhre jeder Mittelflasche der vier Batterieen sich befindet, und auf welche Messingkugeln von 12″ Durchmesser aufgeschraubt werden. Die Zuleitung geschieht durch zwei Metallröhren, welche von den Kugeln des Einsaugers ausgehen, und in die zwei der Maschine nächsten grofsen Kugeln der Mittelflaschen eingesteckt werden. Beim Gebrauche wird auf eine andere

dieser vier Kugeln ein Adamsches Ausladeelektrometer aufgesteckt [1]. Der angegebene beträchtliche Durchmesser der Verbindungsröhre und Kugeln hindert alles Ausströmen der Elektricität bei Zunahme der Ladung. Diese Riesenbatterie entsprach auch in ihren Wirkungen vollkommen ihrer Gröſse. Von *jenem* Eisendrathe von $\frac{1}{40}$ Zoll Durchmesser, von welchem die Batterie von 225 Quadratfuſs Belegung 10″ geschmolzen hatte, schmolz diese Batterie von 550 Quadratschuh nicht blos $24\frac{1}{2}$″, sondern zerstäubte denselben in glühende Kügelchen. Eine Hauptverbesserung der Flaschen dieser Batterie bestand in der Art, wie die Verbindung mit der innern Belegung gemacht ist [2].

2. Batterieen aus Glastafeln.

Statt der Flaschen kann man auch, wie Franklin zuerst gethan hat, mehrere belegte Glastafeln zu einer Batterie vereinigen. Es läſst sich dadurch alles in einen viel kleineren Raum zusammenbringen. Bohnenberger hat dazu in Vorschlag gebracht, die Glastafeln in die Einschnitte oder Näthe zweier über einander in der gehörigen Entfernung befindlicher Brettchen zu schieben, und die positive Belegung auf der einen Seite der Glastafel bis an den einen Rand derselben zu verlängern, und auch noch etwas darüber weggehen zu lassen, so daſs sie alle zusammenstoſsen, und eben so mit der negativen Belegung auf der andern Seite zu verfahren. Die Glastafeln brauchten in keiner gröſseren Entfernung von einander als 0,75 Z. gebracht zu werden. Verbände man dann nur die positive Belegung einer der Glastafeln mit dem Zuleiter der Elektrisir-Maschine, so würden auf diese Weise alle Glastafeln geladen werden, wenn die entgegengesetzten Belegungen mit dem Erdboden in Verbindung ständen. Indessen wird doch das obere Brettchen, wenn es auch in wohl überfirniſste Glassäulen, die in das untere Brettchen eingekittet sind, eingepaſst wird, zum Ausströmen Veranlassung geben [3].

---

1 S. *Elektrometer*.

2 S. *Flasche*, *belegte*.

3 Beschreibung einer Elektrisirmaschine u. s. w. von G. C. Bohnenberger. Stuttg. 1784. p. 44.

D. Dana [1] hat folgende sinnreiche Einrichtung erdacht, um eine Menge von belegten Glastafeln zu einer Batterie in einen so engen Raum als möglich zusammen zu bringen. Er schichtet starke Glastafeln von gleicher und ähnlicher Gröfse mit Zinnfolie über einander, nämlich Glasplatte, Zinnfolie, Glasplatte, wieder Zinnfolie und so fort, und zwar so, dafs jede Schicht Zinnfolie rings um etwa zwei Zoll schmäler ist als die Glasplatte, diese aber 12″ Länge und Breite hatte. Der wechselnden Schichten waren sechs, und die unterste Glasplatte ruhte auf einer Tafel und stand mit dem Boden in Verbindung. Die Schichten von Zinnfolie, welche hier die Belegungen darstellten, waren wechselsweise durch Zinnstreifen unter einander verbunden, nämlich die erste Schicht mit der dritten und diese mit der fünften, die zweite aber mit der vierten und diese mit der sechsten und obersten, welche zuletzt mit dem Conductor durch einen Draht im Zusammenhange stand. Auf diese Weise ward die eine Hälfte der Folienschichten positiv, die andere negativ geladen. Die Anordnung der einzelnen Theile ist folgende: a a a a a a Zinnfolie; b b b b b b Glasplatten; c verbindende Streifen von Zinnfolie für die sechste, vierte und zweite Schicht; d verbindende Streifen von Zinnfolie für die fünfte, dritte und erste Schicht. Oder aber es ist a der verbindende Streifen über dem Rande der Glasplatten für die erste, dritte und fünfte Schicht, b der Streifen, welcher die oberste Zinnfolie mit der vierten verbindet. Um die Feuchtigkeit abzuhalten und die Zinnfolienschichten völlig zu isoliren, überzieht man den mit Zinnfolie nicht bedeckten Rand mit einem Firnifs.

Fig. 175.

Fig. 176.

Eine solche Batterie soll dem Erfinder zufolge schon sehr stark wirken, wenn sie den Raum eines mäfsigen Quartanten oder Folianten einnimmt, und sie empfehle sich durch ihre geringe Kostbarkeit und leichte Tragbarkeit. Ich habe mit 6 Glasplatten, jede von einem Quadratfufs Oberfläche nach der angezeigten Vorrichtung einen Versuch angestellt, bin aber in meiner Erwartung getäuscht. Es scheint das blofse Aufliegen der

---

1 Schweig. J. XXVIII. 257.

Zinnfolie nicht zu genügen, um das Glas gehörig zu laden; die Berührung mufs vielmehr so innig seyn, als dies bei den gewöhnlichen belegten Flaschen und Glastafeln durch Hülfe des Aufleimens durch Hausenblase, Stärkemehlkleister oder arabisches Gummi der Fall ist. Auch scheint der schmale Streifen der Zinnfolie am Rande der Glasplatte zum Ausströmen der Elektricität Veranlassung zu geben [1]. Ueberhaupt sind die Glasplattenbatterieen bei gleicher Belegungsgröfse nicht so wirksam wie die aus Flaschen, und lassen sich nicht zu so hoher Spannung laden, wahrscheinlich weil der scharfe Rand der Glasplatten zum Entweichen der Elektricität oder zum Ueberströmen von der positiven zur negativen Seite Veranlassung giebt. Hierzu kommt noch die im Ganzen viel leichtere Zerbrechlichkeit der Glasplatten, und die Nothwendigkeit eigener Gestelle zu ihrer Aufstellung, da Dana's Vorschlag nicht praktisch scheint. Aus allen diesen Gründen sind wohl diese Glasplattenbatterieen nicht recht in Gebrauch gekommen.

Die Batterieen werden eben so wie einzelne Flaschen geladen und entladen, doch thut beim Laden ein kleiner erster Leiter bessere Dienste als ein grofser, weil er nicht so viel Elektricität als der gröfsere zerstreut. Die Endladung von grofsen Batterieen mufs mit der äufsersten Behutsamkeit geschehen; wenn Versehen bei andern Versuchen blofs unangenehme Empfindungen zur Folge haben, so können sie hier für die Umstehenden Gesundheit und selbst das Leben in Gefahr bringen. Man bedient sich daher zur Entladung einer Batterie stets eines *Ausladers*, und es ist bei den mannigfaltigen, mit dem verstärkten elektrischen Schlage der Batterieen anzustellenden, Versuchen der unter dem Artikel „*Auslader*" beschriebene allgemeine Henleysche besonders brauchbar. Er verschafft den Vortheil, den Schlag einer Batterie durch oder über jeden Körper gehen zu lassen, den man in die zwischen beide Seiten derselben gemachte Ver-

---

1 Boeckmann in Carlsruhe hat nach brieflicher Mittheilung gleichfalls mit diesen Flaschen Versuche angestellt, aber kein günstiges Resultat erhalten. Er leitete dieses davon ab, dafs die zu nahen entgegengesetzten Elektricitäten einander neutralisiren.

bindung gebracht hat. In manchen Fällen ist auch der gewöhnliche einfache Auslader dazu hinreichend.

Van Marum hat zur Entladung seiner großsen Batterie von 550 Quadratschuh Belegung einen entsprechenden grossen Auslader angewandt, der ihm den Vortheil gewährte, sich in jeder beliebigen Entfernung halten zu können. Auf einer in einem Dreifuſs eingekitteten Glassäule ist eine kupferne Kugel von 6″ im Durchmesser isolirt, von welcher ein langes kupfernes Rohr ausgeht, das in einem Charniere leicht beweglich und an seinem Ende mit einer Kugel versehen ist, und durch eine, über eine hinlänglich entfernte Stelle gehende seidene Schnur auf eine der großsen Mittelkugeln der Batterie mit ihrer Endkugel herabgelassen werden kann, um den Erschütterungskreis zu schlieſsen. Mit der äuſsern Belegung findet eine Verbindung durch ein ähnliches von jener kupfernen Kugel abwärts gehendes kupfernes Rohr statt, das auf einer am Kasten der Batterie angebrachten Bleiplatte aufruht, zu welcher selbst vom Innern des mit Blei ausgefütterten Kastens ein starker Metalldraht führt. Will man irgend einen Gegenstand der Entladung der Batterie unterwerfen, so bringt man ihn in eine solche Lage, daſs er einerseits die Bleiplatte unten am Kasten der Batterie, andererseits das untere Ende jenes abwärts gerichteten kupfernen Armes des groſsen Ausladers berührt.

Durch den Schlag einer starken Batterie werden Drähte von 2 bis 3 Lin. Dicke glühend gemacht, Drähte von $\frac{1}{30}$ Z. Dicke in einer Strecke von mehreren Zollen in glühende Kugeln verwandelt und weit umher zerstreut, noch dünnere Drähte in einer Strecke von mehreren Schuhen, namentlich durch die groſse Batterie der Teylerischen Stiftung der mit No. 16 bezeichnete Eisendraht, der $\frac{1}{240}$ Zoll Durchmesser hat, in einer Strecke von 100 Schuhen und darüber geschmolzen, kleinere Strecken desselben in Rauch verwandelt, durch Gewichte gespannte Drähte verlängert, durch ein Buch Papier oder ein Spiel Karten Löcher geschlagen, wobei jedes Blatt von der Mitte aus durchbohrt wird, so daſs sich die Ränder des Lochs gegen die anliegenden Blätter hinausbeugen, als wenn der Schlag aus jedes Blattes Mitte ausgebrochen wäre. Man kann durch den Schlag gröſserer Bat-

terieen selbst gröſsere Thiere, Katzen und Hunde tödten, wenn man den Schlag auf den Kopf richtet, und überhaupt die Wirkungen der Maschinen - Elektricität den Wirkungen des Blitzes schon sehr nahe bringen [1]. Die Wirkungen einer Batterie werden noch ansehnlich verstärkt, wenn die zur Entladung dienende Verbindung hin und wieder durch unvollkommene Leiter unterbrochen wird z. B. durch Strecken trockenen Holzes, durch Glasröhren, die man inwendig durch einige Tropfen Wasser feucht erhält, durch nasse Schnüre u. s. w. [2]. *P.*

Bauchredner.

ventriloquus; ventriloque; *ventriloquist;* nennt man denjenigen, welcher eine aus verschiedener Entfernung dem Anscheine nach herkommende, der seinigen ungleiche und von ihm scheinbar nicht ausgehende oder auch gleichsam in seinem Bauche gebildete Stimme und Sprache hervorbringt.

Die Kunst des Bauchredens ist ohne Zweifel sehr alt, und wenn man die Uebersetzung der Septuaginta für genau ansieht, so geht sie in das höchste Alterthum hinauf, und hing mit den morgenländischen und griechischen Orakeln innig zusammen. Rücksichtlich der ersteren übersetzen diese [3] Zeichen der Wahrsager (אתות בדים) durch *σημεῖα ἐγγαστριμύθων*, wobei die Wortbedeutung dieses Ausdruckes zur Genüge ergiebt, daſs eigentlich Bauchredner gemeint sind, welche von späteren kirchlichen Schriftstellern den pythonischen Wahrsagern, Zauberern, Gnostikern u. a. gleich gestellt wurden [4]. Weniger von eigentlichen Bauchrednern, als vielmehr bloſs von Wahrsagern scheint Cyrillus von Alexandrien [5] die Stelle des Propheten verstanden zu

---

1 s. das Ausführlichere unter dem Artikel: *Schlag, elektrischer.*

2 Cavallo vollständige Abhandl. über Elektricität II. Thl. 3. u. 11. Cap. Adams Versuch über die Elektricität aus dem Engl. übers. Leipzig 1785. gr. 8. Cap. 8.

Van Marum première et seconde Continuation des Experiences électriques etc.

3 Jesaias XLIV. 25.

4 Balsamon ad Canon LXV. Concilii in Trullo p. 441.

5 Comment. in Jes. loc. laud. *Ἐγγαστριμύθους φησὶ τοὺς ψευδομάντεις, ἤτοι πυθωνικοὺς, τοὺς ὑπό γε τῆς σφῶν αὐτῶν καρδίας ἀνερευγομένους τὸ δοκοῦν*, etc.

haben, wenn man nicht annehmen will, dafs die Wahrsager auf dem Dreifufs zu Delphi wirkliche Bauchredner waren, was indefs viele Gründe für sich hat. An einer noch älteren Stelle [1] wird Wahrsagergeist, oder richtiger Geist der Todtenbeschwörung, (בַּעֲלַת־אוֹב) von der Septuaginta durch Bauchredner übersetzt [2], in welcher Bedeutung das nämliche Wort noch öfter vorkommt [3], und die Kenntnifs dieser Kunst überzeugt nur zu sehr, wie viel durch dieselbe bei Unkundigen rücksichtlich solcher Betrügereien gewirkt werden konnte.

Durch Combinationen kann man es *mindestens* sehr wahrscheinlich machen, dafs beim delphischen Orakel gleichfalls, wo nicht stets, doch *zuweilen* Bauchrednerkünste angewandt wurden. Es mufs nämlich dort, oder überhaupt in Griechenland ein Wahrsager mit Namen Eurykles existirt haben, welcher diese Künste anwandte, indem nachher als Beiwort *εὐρυκλῆς* mit *ἐγγαστρομύθος*, und *Πύθων* für gleichbedeutend galt [4]. Diesen Eurykles erwähnt Aristophanes [5], und es leidet keinen Zweifel, dafs er als Bauchredner gewahrsagt habe, denn der Scholiast zu dieser Stelle nennt ihn geradezu so [6], und Hesychius sowohl als Suidas nehmen beide für eins [7], Plutarch aber nennt ihn auch Python. Weit wichtiger für eine physikalische Untersuchung als alle diese Zeugnisse sind indefs die der Aerzte, welche durch genauere Beschreibung der Sache alle Zweifel über die Existenz dieser Kunst in Griechenland und ihre Identität mit derjenigen, welche noch jetzt gezeigt wird, heben. Hippokrates [8] beschreibt das Sprechen einer an der Bräune leidenden Patientin durch: aus der Brust reden [9], und Galenus,

---

1 Samuel. lib. I. cap. XXVIII. v. 7—9.

2 *μάντευσαι δή μοι ἐν τῷ ἐγγαστριμύθῳ.*

3 z. B. ib. v. 3. v. 9. Levit. XIX. 31. XX. 6. u. a.

4 Plutarch opp. ed. Hutten. IX. p. 513. *ὥσπερ τοὺς ἐγγαστριμύθους εὐρυκλέας πάλαι, νυνὶ δὲ Πύθωνας προςαγορευομένους.*

5 Vespae. v. 104.

6 *οὗτος ὡς ἐγγαστριμύθος λέγεται Ἀθήνησι τἀληθῆ μαντευόμενος διὰ ἐνυπάρχοντος αὐτῷ δαίμονος.*

7 *Εὐρυκλῆς, πας ὁ ἐγγαστριμύθος.*

8 Opp. ed. Genev. 1657—62 II. p. 1156. u. 1217.

9 *ἐκ τοῦ στήθεος ὑπεφώνεεν ὥσπερ αἱ ἐγγαστριμύθαι λεγόμεναι.*

indem er diesen Ausdruck erklärt, sagt noch bestimmter, dafs die Engastrimythen mit verschlossenem Munde geredet hätten, wodurch sie scheinbar aus dem Bauche redeten[1].

Der Zweck der Bauchredner ist, durch ihre Kunst zu täuschen, und ihr Werth beruhet in akustischer Hinsicht auf dem Grade der Vollkommenheit, womit sie Töne hervorbringen, welche nicht ihnen, sondern irgend einer andern, von ihnen entfernten Person zuzugehören scheinen. In dieser Hinsicht kommt ihnen die Leichtigkeit der Ohrentäuschungen und die Unsicherheit, aus einem gehörten Schalle den Ort und die Ursache desselben zu bestimmen, vorzüglich zu statten. Sie lassen daher die Person, mit welcher sie sich scheinbar unterhalten, auf eine von der ihrigen ganz verschiedene Weise reden, indem sie namentlich ein Kind mit einer sehr feinen Stimme darstellen, wenn sie selbst im tiefen Bafs reden, oder einen alten Mann mit einer tiefen und rauhen Stimme, wenn die ihrige ein heller Tenor ist, auf allen Fall ist der Klang der erkünstelten Stimme wesentlich verschieden von ihrer natürlichen. Zugleich wenden sie sich mit scheinbar grofser Aufmerksamkeit nach dem Orte hin, wo sich die fingirte Person befinden soll, und da sie hierdurch und durch Modification der künstlich hervorgebrachten Stimme rücksichtlich ihrer Helligkeit oder Schwäche die Aufmerksamkeit der Zuhörer auf diesen Ort hinrichten, so treiben sie die Täuschung so weit, dafs auch die behutsamsten unter denselben nicht umhin können, den fingirten Redenden an diesem Orte zu suchen, und dann auch bald zu hören. Hierzu kommt dann insbesondere noch die Wirkung des Dialogs, welcher an sich das Vorhandenseyn zweier Personen voraussetzt, und wenn dann das Zwiegegespräch so schnell geführt wird, dafs Reden und Antworten gleichsam in einander fliefsen und sich in einander wirren, so ist bei mitwirkendem Gebärdenspiel des Künstlers die Täuschung vollendet. Ganz besonders wichtig ist die Kunst der Bauchredner, die Stimme der dargestellten Personen in bestimm-

---

1 *Ἐγγαστριμύθοι, οἱ κεκλεισμένου τοῦ στόματος φθεγγόμενοι, διὰ τὸ δοκεῖν ἐκ τῆς γαστρὸς φθέγγεσθαι.* Vergl. Mém. de la Soc. des Sciences, Agricult. et Arts de Strasbourg. I. p. 427.

ten Abstufungen so zu moderiren, daſs sie übereinstimmend mit der fingirten Entfernung derselben von einer scharfen Helligkeit und Klarheit zur undeutlichsten Stumpfheit und Schwäche übergeht. Ist ihre Fertigkeit ausgezeichnet groſs, so können sie mehrere verschiedene Stimmen, jede vom Hellen bis zum Dumpfen verändert, hervorbringen, wie z. B. Charles vier Tenorstimmen, so daſs es ihm möglich wurde, sich mit mehreren Kranken hinter einem Schirme scheinbar zu unterhalten[1]. Zugleich gesticulirt und beträgt sich der geübte Künstler vollkommen so, als ob die Person seiner Unterhaltung sich wirklich entferne oder näher komme, und so wie man sich bei den Augentäuschungen auch beim besseren Wissen nicht überzeugen kann, die Sache verhalte sich nicht wirklich so, wie man sie *zieht*, z. B. wenn die Sonne und der Mond im Horizonte gröſser scheinen, so ist es um so mehr verzeihlich und erklärlich, wenn unter mitwirkenden Nebenumständen man den dumpferen und minder deutlichen Ton aus gröſserer Entfernung kommend glaubt, als in welcher man den Bauchredner sieht, und seine ungekünstelte Stimme deutlich hört. So unterhielt sich namentlich der Bauchredner Charles mit seinem Bedienten, lieſs diesen undeutlich im Nebenzimmer bei verschlossener Thüre, vor der Gasse herauf bei verschlossenem Fenster, und auf einer Gallerie in verschiedener Entfernung reden, die Stimme wurde dann aber heller und deutlicher, als Thüre oder Fenster geöffnet war[2]. Vorzüglich täuschend ist das Kunststück der Bauchredner, wenn sie die fingirte Person in die Thüre eines Windofens kriechend, dann durch Ofenrohr und Schornstein entweichend darstellen, wobei die Stimme zuerst dumpf, auf dem Ofen hohl tönend und stets dumpfer und abnehmender wird, bis zum gänzlichen Verschwinden. Wer dieses durch einen geübten Künstler dargestellt gesehen hat, wird es nicht übertrieben finden, daſs nach öffentlichen Blättern ein Bauchredner in Paris den Wirth und über hundert Gäste glauben machte, ein Dieb habe sich im Schornsteine verkrochen, und wolle von Durst gequält

1 G. XXXVIII. 110.
2 Ebendaselbst.

befreiet seyn, so dafs der Camin aufgebrochen wäre, hätte sich nicht der vermeintliche Dieb von dem ersten Orte scheinbar nach einem andern entfernt, wohin er nur durch ein zwanzig Fufs langes Ofenrohr gekommen seyn konnte, so dafs die Unmöglichkeit seiner wirklichen Existenz hierdurch evident dargethan war. Etwas weniges mag die Täuschung auch durch die Reflection der Schallwellen vermehrt werden, wenn der Bauchredner die erkünstelte Stimme gegen irgend ein Object, eine Wand, ein Fenster, eine Thür, einen absichtlich hingestellten Schirm u. s. w. richtet, dafs aber dieses Mittel von bedeutendem Einflufs seyn sollte, ist wegen der Nähe dieser Gegenstände nicht wahrscheinlich. Die Bauchredner können mit ihrer erkünstelten Stimme auch singen, aber sehr unvollkommen und nur kurze Zeit[1], und es gehört das Singen überhaupt zu den schwersten Aufgaben, welche sie selten zu lösen vermögen.

Mehr als CHARLES und sonstige Bauchredner hat insbesondere COMTE Aufsehen erregt, welcher es in seiner Kunst ausnehmend weit gebracht hatte, und in der durch v. MONTÈGRE verfafsten ausführlichen Abhandlung über diesen Gegenstand vorzüglich berücksichtigt ist[2]. Unter andern veranlafste er zu Tours das Aufbrechen einer Bude, aus welcher ein vor Hunger sterbender um Rettung bat, setzte in Rheims die Einwohner in Schrecken, als die Todten zu reden anfingen, liefs zu Nevers einen Esel reden und sich weigern, seinen Führer länger zu tragen, heilte mehrmals Gemüthskranke durch das Austreiben der bösen Geister, verjagte einst aus einer Kirche eine Menge revolutionärer Bilderstürmer dadurch, dafs er die Statüen reden, und ihnen ihren Vandalismus vorwerfen liefs, rettete sich selbst aber im Canton Freiburg gegen die Bauern, welche ihn als Schwarzkünstler in einen Ofen werfen wollten, nur dadurch, dafs er eine fürchterliche Stimme aus demselben erschallen liefs, wodurch die Zeloten verjagt wurden[3].

---

1 Autenrieth bei Voigt. VII. 491.
2 J. d. Ph. LXXXI. 85.
3 G. LV. 419.

Man hat sich wiederholt Mühe gegeben, den eigentlichen Mechanismus des Bauchredens, und die eigenthümlichen Bedingungen aufzufinden, worauf die Täuschungen durch dasselbe beruhen. Aufser denjenigen Mitteln, welche oben als hauptsächlich wirksam angegeben sind, unterscheidet LAUTH[1] zweierlei Arten des Bauchredens. Bei dem einen soll sich die Stimme blofs in der Kehle bilden, und zu deren Hervorbringung ein stärkerer Druck der Brust und Bauchmuskeln erfordert werden, welches übrigens für die leichtere Art gilt; bei der andern dagegen soll die Brust aufgeblasen, mit Luft erfüllt, und hierin die Stimme gebildet werden, welches weit schwerer, und diejenige eigentliche Kunst seyn soll, deren sich die alten Wahrsager bedienten. Dieses ist indefs wohl sicher blofse Muthmafsung, und an sich unbegründet. Eben so unrichtig ist die Voraussetzung, dafs die fingirte Stimme nicht beim Ausstofsen, sondern vermittelst des Einziehens der Luft gebildet werde[2]. HALLÉ, PINEL und PERCY, welche den Bericht über Montègre's Abhandlung im Nationalinstitute abstatteten, finden das Wesen des Bauchredens in derjenigen Modification der Stimme, welche durch die Resonanz des Gaumens, der Zähne, der Lippen und der andern Sprachwerkzeuge hervorgebracht wird, insbesondere aber in einer sichtbaren Zusammenziehung und Verengerung der Brust, wodurch diese ihre Resonanz verlieren soll[3]. Dafs ein Zusammenziehen, oder vielmehr eine vorzügliche Anstrengung der Brust erfordert werde, stimmt mit der Angabe eines Bauchredners von grofser Fertigkeit überein, welcher aussagte, dafs er sich anfangs Brust und Bauch durch eine Binde zusammengeschnürt habe, später aber nur zuweilen durch einen Druck der Hand gegen die Seite die Anstrengung der Bauchmuskeln zu erleichtern pflege.

Die Bauchredner, welche GOUGH[4] und AUTENRIETH[5] hörten, so wie derjenige, welchen LICHTENBERG zu erwäh-

---

1 Mém. de la Soc. des Sciences, Agric. et Arts de Strasbourg. I. 427. Percy in J. de Ph. LXXXI. 62.

2 GILBERT Ann. LIII. 443. AUTENRIETH bei Voigt. J. VII. 489.

3 J. d. Ph. LXXXI. 58. G. LIII. 439.

4 Manchester Mém. V. 2. Nicholsons J. 1802. Jun.

5 Voigt J. VII. 477.

nen pflegte, konnten bloſs Kinderstimmen nachmachen, welches dann auf ihre physikalischen Erklärungen des Phänomens einigen Einfluſs hat. Charles, und Comte, weit vollendetere Künstler, brachten dagegen tiefere Stimmen hervor, und ersterer erklärt das Hervorbringen der Kinderstimmen für einen Beweis unvollkommener Kunstfertigkeit[1]. Nimmt man auſser den oben angegebenen Hülfsmitteln der Täuschung alles dasjenige zusammen, was Gough, vorzüglich Autenrieth und Gilbert nach den Aussagen Charles zur Erklärung dieser Kunst aufgestellt haben, so führt es im Wesentlichen zu folgendem Resultate. Die eigentliche Stimme des Bauchredners, womit er ungekünstelt redet, wird auf die gewöhnliche Weise in der Stimmritze durch die aus der Lunge ausgestoſsene Luft hervorgebracht, durch Kehldeckel, Gaumsegel, Zunge, Zähne, Lippen und Nasencanal modificirt, und erhält in ihrer Fortpflanzung eine auf die Deutlichkeit des Wahrgenommenwerdens einflieſsende Modification durch den Fortgang des Luftstromes aus dem Munde des Redenden, und durch die Resonanz, welche Mund und Kopf desselben als feste, die Schallwellen von einer Seite begrenzende Körper ihr geben. So sehr man nämlich auch gewohnt ist, die Schallwellen von dem Puncte ihres Entstehens aus als mit gleicher Stärke sich nach allen Seiten verbreitend zu betrachten, so ergiebt doch die allgemeine Erfahrung, daſs man ganz anders hört, wenn der Redende mit dem Gesichte, als wenn er mit dem Rücken gegen den Hörenden gewandt ist. Man kann ferner nicht eigentlich behaupten, daſs zur Hervorbringung der natürlichen Rede ein bedeutender motus progressivus der Luft aus der Lunge nothwendig erforderlich sey, und dem Sänger, wie insbesondere dem Künstler auf einem Blaseinstrumente ist oft die Exspiration der überflüssigen Luft ein gleich groſses Bedürfniſs, als die Inspiration neuer sauerstoffgashaltiger. Allein weil die Exspiration während dem Reden an sich, und durch die dadurch verbreitete Inspiration allerdings eine Erleichterung gewährt, so gewöhnt sich der Mensch allmälig daran, sein Sprechen mit einem nicht unbedeutenden Fortstoſsen der Luft

---

[1] G. XXXVIII. 116.

aus der Lunge zu begleiten. Dieses giebt indeſs den Zuhörern ein durch Uebung bis zur hohen Fertigkeit gebrachtes Mittel, den Ort des Redenden zu erkennen, und hierüber weit weniger in Ungewiſsheit zu seyn, als rücksichtlich sonstiger gehörter Töne. Indem nun der Bauchredner dieses vermeidet, gewinnt er auſser den oben angegebenen Mitteln der Täuschung noch ein vorzügliches dadurch, daſs auſser seiner eigenen Stimme von einem bestimmten Orte noch eine andere von keinem bestimmten Orte gehört wird. Dieses erreicht er aber um so besser, je vollkommener er das Fortstoſsen der Luft aus den Lungen vermeidet, indem er vielmehr durch die Anstrengung der Lungen, desgleichen der Brust- und Bauch-Muskeln vermittelst der eingeschlossenen, zwischen den Bändern der Stimmritze oscillirenden Luft die erforderlichen Töne hervorbringt[1]. Daher kommt das Bedürfniſs des Bauchredners, vor jeder erkünstelten Rede die Lungen mit Luft zu erfüllen, daher die Anstrengung, welche das Hervorbringen der Töne erfordert, daher die kurzen Perioden, worin er die fingirten Personen reden läſst und das Erforderniſs des Dialogs, indem er durch natürliches Reden sich wieder ausruhet, nebst der Unmöglichkeit des Singens, daher die unbestimmten Antworten der Bauchredner auf die Frage, ob sie die Töne durch Einziehen der Luft hervorbringen, indem nach Autenrieth's, Gilbert's und Montègre's Berichten sie selbst den Mechanismus nicht kennen, wodurch sie die künstlichen Töne erzeugen, daher endlich die gröſsere Leichtigkeit, womit Kinderstimmen nachgemacht werden, weil die Bildung derselben bei gröſserer Verengerung der Stimmritze nur geringere und kürzere *Oscillationen* der Luftsäule bedarf. Sehr natürlich muſs eine auf diese Weise hervorgebrachte *Stimme*, genau belauscht, ihren *Sitz* anscheinend im Bauche haben, dessen Höhlungen, nebst denen der Brust ihr *eine* in der Akustik nicht unbekannte eigenthümliche Resonanz geben[2]. Auſserdem aber ist die natürliche Stimme eines *jeden* Menschen nach dem Baue seiner *Sprachorgane* mit allen dazu gehörigen Theilen

1 Vergl. Autenrieth bei Voigt J. VII. 484.

2 S. *Schall;* Täuschung durch die ivisible girl.

auf eine eigenthümliche Weise modificirt, worauf eben ihre Individualität beruhet, insbesondere aber erhalten die Lippen- und Zahn-Buchstaben hierdurch einen unterscheidbaren Charakter. Die künstliche Stimme des Bauchredners dagegen wird auf eine hiervon verschiedene Weise modificirt, vorzüglich durch das Gaumsegel und die Lippen, durch mehrere oder mindere Oeffnung des Nasencanals, durch gröſsere oder geringere Erweiterung des Raumes über der Stimmritze u. dgl. mehr. Indem somit also der Bauchredner auſser seiner eigentlichen Rede noch eine andere wesentlich verschiedene redet, deren Ort dem Hörenden unbekannt ist, und welche er daher dahin setzt, wohin sie zu setzen die angegebenen Mittel ihn vermögen, deren sich der Künstler bedient, so werden offenbar zwei oder mehrere Personen als redend gehört, worauf die eigentliche Kunst des Bauchredens beruhet. Eine vollständige Bewegung der äuſsern Sprachorgane, namentlich der Lippen und des Unterkiefers findet zwar nicht statt, auch muſs der Künstler sorgfältig vermeiden, daſs dergleichen von den Zuhörern wahrgenommen werde, weil hierdurch die Täuschung hinsichtlich des Ortes des fingirten Redenden aufgehoben würde. Wenn aber einige glauben, es beruhe auf dieser Nichtbewegung das ganze Geheimniſs des Bauchredens, so ist dieses ein Irrthum, und steht mit den genauen Beobachtungen Gilbert's[1] im Widerspruche.

M.

Bedeckungen der Gestirne.

Occultationes; Occultations; *Occultations.* Ein Gestirn wird von dem andern bedeckt, wenn das letztere, vor dem ersteren vorbei gehend, uns den Anblick desselben ganz oder zum Theil entzieht. So ist selbst die Sonnenfinsterniſs eine Bedeckung der Sonne durch den Mond, und auf ähnliche Weise, wie hier der Mond die Sonne bedeckt, zeigt er uns auch oft Bedeckungen der Planeten und der Fixsterne. Die wichtigsten dieser Bedeckungen werden im Berliner Jahrbuche und andern astronomischen Kalendern für jedes

---

1 Ann. XXXVIII. 114. Vergl. Mayer über d. Bauchreden; im Litterär. Archiv d. Akad. zu Bern. IV. 3. 68.

Jahr im Voraus angezeigt[1]; da sie indess an jedem Orte, wegen der Parallaxe des Mondes anders erscheinen, so muss man für jeden Ort hierauf gehörig Rücksicht nehmen.

Die Beobachtung der Bedeckungen kann, wenn die Lage der Beobachtungspuncte bekannt sind, dienen, die Parallaxe des Mondes zu bestimmen, und von Zach empfiehlt dazu vorzüglich diejenigen Zusammenkünfte mit Sternen, wo diese den Mondrand gleichsam streifen, ohne wirklich bedeckt zu werden[2]. Solche nahe Zusammenkünfte und so auch die Bedeckungen, wobei der Stern nur eine kleine Sehne hinter dem Monde durchläuft, bieten oft merkwürdige Erscheinungen dar, indem der Stern zuweilen hinter Randbergen versteckt wird und dann abwechselnd wieder hervortritt[3].

Die Bedeckungen der Sterne vom Monde dienen zu Längenbestimmungen, wovon unter dem Art. *geographische Länge* mehr vorkommt[4]. Die Berechnung einer Bedeckung für einen gegebenen Ort beruht ungefähr auf denselben Regeln, wie die Berechnung der Sonnenfinsternisse, und es kommt dabei hauptsächlich darauf an, dass man, mit Berücksichtigung der Parallaxe, die hierbei höchst wichtig ist, den Augenblick bestimmt, wenn der Mond-Mittelpunct genau um den Halbmesser des Mondes von dem Sterne entfernt ist; daraus bestimmt man den Eintritt und Austritt des Sternes[5].

Auch die Planeten bedecken zuweilen Fixsterne oder ein Planet den andern. Die älteren Beobachtungen solcher Bedeckungen hat Lexell gesammelt und berechnet[6], und darunter mehrere, wobei die Bedeckung wirklich statt fand, andere wo bloss die Zusammenkunft sehr nahe war, aufgeführt. Eine Beobachtung, wo Mars den Stern b im Schützen bedeckte, hat Flaugergues angestellt[7]. In frühern Zeiten waren diese Beobachtungen zur Berichtigung der Kenntnisse

---

1 Mehrere als im Astr. Jahrb. stehen für 1825. 1826 in de Zach Corresp. astronomique VIII. 260. X. 352. 482.

2 v. Zach Correspondance astronomique. III. p. 591. u. I. p. 179.

3 v. Zach an eben dem Orte; u. Berlin. Astron. Jahrb. 1797. S. 168.

4 S. *Länge, geographische.*

5 Vergl. Littrow theoret. u. pract. Astronomie II. 302.

6 Acta academ. Petropol. 1782. II. 291.

7 v. Zach corresp. astron. I. 178 und VII. 220.

von den Bahnen der Planeten wichtiger als jetzt. Eine noch seltnere Beobachtung, nämlich die Bedeckung eines kleinen Fixsternes durch den dritten Jupitersmond, erzählt Flaugergues [1].

Ueber die Berechnung der Bedeckungen der Sterne durch Planeten hat Möbius Regeln gegeben [2]. *B.*

Beobachtung.

Observatio ; Observation ; *Observation.* Was eine Beobachtung im Allgemeinen sey, und was beobachten heifse, darf hier wohl nicht eigentlich gezeigt werden. In der Physik sind Beobachtungen und Versuche die Mittel, durch welche wir zu *Erfahrungen* gelangen, und diese letzteren machen die Grundlage aus, worauf die Gesetze der Natur gebauet werden. Man unterscheidet *Beobachtungen* und *Versuche*, und bezieht *jene* auf die Wahrnehmungen derjenigen Erscheinungen, welche die Natur uns darbietet, ohne dafs wir dieselben eigends zu bestimmten Zwecken modificiren ; bei *diesen* dagegen sucht man gewisse Phänomene, die man mit gröfserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit im Voraus erwartet, hervorzubringen, um ein schon bekanntes Naturgesetz zu bestätigen oder ein für falsch gehaltenes zu widerlegen, oder endlich ein neues noch unbekanntes zu entdecken. Man hat dabei auch die Frage aufgeworfen, ob Beobachtungen oder Versuche zur Erlangung von Erfahrungen wichtiger seyen, und welche von beiden wohl am leichtesten oder überhaupt entbehrt werden könnten. Allein diese Fragen sind durchaus überflüssig, indem viele zur Auffindung der Naturgesetze ganz unentbehrliche Erfahrungen theils nur durch Beobachtungen, theils nur durch Versuche erhalten werden können. So lassen sich die Beobachtungen des Regens, der Gewitter, der Stürme, Erdbeben, Vulcane u. a. auf keine Weise durch Experimente ersetzen, und auf der andern Seite würden die brennende Kraft der concentrirten Sonnenstrahlen, die Gewalt der Dämpfe, die Erscheinungen des Galvanismus, des Elektromagnetismus und

---

1 v. Zach corr. astr. V. 456.

2 De computandis occultat. fixarum per planetas. Lips. 1815.

unzählige andere ohne Versuche nicht erkannt seyn. Zudem sind beide so mit einander verbunden, daſs sie in der Wirklichkeit nur selten getrennt werden und oft bis zur Unbestimmbarkeit ihres Unterschiedes in einander übergehen. So bringt man z. B. Wasser im Versuche zum Sieden, und beobachtet das Thermometer, um den Siedepunct zu finden, man beobachtet die Luftelektricität am Keraunoskop, miſst die Quantität des im beobachteten Regen herabgefallenen Wassers im Regenmesser u. dgl. m. Ueberhaupt giebt es wenige Versuche oder überhaupt keinen, bei welchem nicht zugleich auch beobachtet wird, weswegen auch das, was von den Beobachtungen zu sagen ist, zugleich auf die Versuche paſst, und der Unterschied beruhet hauptsächlich nur darauf, daſs bei jenen mehr die Sinne, bei diesen zugleich auch hauptsächlich die Werkzeuge zu berücksichtigen sind. Bloſs bei den astronomischen Beobachtungen, insofern auch diese hierher gehören, kommt die Beschaffenheit der Instrumente unmittelbar mit in Betrachtung.

Beobachtungen werden entweder mit *freien* oder mit *bewaffneten* Sinnen angestellt, und sind die ersteren bei weitem die zahlreicheren. Unter den Sinnen werden die edleren am meisten gebraucht, hauptsächlich das Gesicht, weniger das Gehör, der Geruch und Geschmack, am wenigsten aber das Gefühl. Auf gleiche Weise wird auch bloſs das Auge bewaffnet; namentlich mit Fernrohr, Loupe und Mikroskop; seltener oder fast nie das Gehör[1], indem der Gebrauch des Hörrohrs nur der Unvollkommenheit des Sinnes aufhilft und denselben nicht bis zur normalen Schärfe bringen kann; niemals aber einer der übrigen Sinne.

Sollen die Beobachtungen genau und zur Begründung sicherer Erfahrungen tauglich seyn, so kommt dabei sowohl der physische als auch der psychische Zustand des Beobachters in Betrachtung. Daſs ein jeder zum Beobachten um so viel geschickter sey, je schärfer seine Sinne sind, ist an sich klar. Wichtiger ist indeſs Unbefangenheit und Freiseyn von Vorurtheilen und vorgefaſsten, vorzüglich mit Leidenschaft

1 Der Gebrauch des Untersuchungs-Hörrohrs, Stetoskops, auch schlechtweg Hörrohr genannt, ist zunächst nur ärtzlich.

gehegten Vorurtheilen, indem jeder Mensch und am meisten der mit lebhafter Phantasie begabte nur zu leicht dasjenige wahrzunehmen glaubt, was er zu finden mit Sicherheit erwartet. Ein gemäfsigter Skepticismus und bescheidenes Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Sinne und des Urtheils sind daher wesentliche Eigenschaften eines guten Beobachters, welche mit Behutsamkeit, Geduld, Beharrlichkeit und scharfer Beachtung der Haupt- und Nebenumstände das sogenannte natürliche Talent desselben ausmachen. Zu diesen Anlagen gehört dann hauptsächlich noch eine angeborene Geschicklichkeit in der Behandlung der erforderlichen Werkzeuge. Dafs indefs alles dieses durch Fleifs und Anstrengung wo nicht vollständig erlangt, doch sehr erhöhet werden könne, unterliegt keinem Zweifel, wie denn überhaupt der Schatz schon gesammelter Erfahrungen und gründlicher Kenntnisse jeden Beobachter um so geschickter macht, je genauer und bestimmter er hiernach die Hauptsachen schon kennt oder mit gröfserer Sicherheit ahndet, auf deren Beachtung es vorzüglich ankommt, und nicht durch unbedeutende Nebendinge gefesselt die Hauptsachen übersieht. Nicht minder nützlich und nothwendig ist ferner die Kenntnifs der möglichen Schärfe der Beobachtungen, welche durch unbewaffnete Sinne erreicht werden kann, desgleichen derjenigen, welche die Werkzeuge gewähren, und um diese letztere zu bestimmen, ist wiederum eine genaue Bekanntschaft mit der Güte und den Fehlern der gebrauchten Instrumente erforderlich. Indem hierauf vieles ankommt und es verschiedene Grade der gröfseren und geringeren Genauigkeit giebt, so hat man neuerdings noch allgemeiner als vormals angefangen, bei wichtigen Beobachtungen die gebrauchten Instrumente genau zu beschreiben, insbesondere wenn sie nicht zu den allgemein bekannten und üblichen gehören, oder im letzteren Falle ihre Güte, oft durch Nennung des erprobten Verfertigers derselben, zu versichern. Sollen dann endlich die Resultate der angestellten Beobachtungen und Versuche Zutrauen erhalten, vorzüglich wenn der Beobachter sich noch nicht hinlänglich vor dem Publicum gerechtfertigt hat, so müssen die Beobachtungen selbst im Allgemeinen und im Einzelnen genau beschrieben, auch die dabei befolgte Methode, die

Zahl wie oft sie auf gleiche oder abgeänderte Weise wiederholt sind und die hierbei erhaltenen Resultate mit Rücksicht auf den Einfluſs der bedingenden Nebenumstände genau angegeben werden[1].

Wie groſs indeſs immer der Eifer, die Aufmerksamkeit, Unbefangenheit und Uebung im Experimentiren und Beobachten seyn mag, und wie hoch auch die Güte und Genauigkeit der gebrauchten Werkzeuge angeschlagen werden muſs, so lassen sich doch die erhaltenen Resultate in den wenigsten Fällen oder nie für absolut genau halten, indem einige Fehler aus der begrenzten Schärfe der Sinne und der Apparate nothwendig folgen. Um unter zahllosen Beispielen nur einige anzuführen, läſst sich z. B. beim Messen der Zeitdauer einer Erscheinung diese nur so weit genau finden, als wohin die Abtheilungen der Uhr oder eines sonstigen Zeitmessers reichen, bedingt durch das Zeitintervall, welches erforderlich ist, um die Aufmerksamkeit der Seele auf die zu beobachtende Erscheinung und die verflossene Zeit selbst zu richten[2]. Die Abstände zweier Puncte können entweder durch directe Anlegung eines Maſses oder durch ein Winkelmeſswerkzeug nur bis zu einem gewissen Grade der Genauigkeit gemessen werden, welcher im Allgemeinen durch die Schärfe und Feinheit der Theilung des gebrauchten Maſses bedingt wird. Berechnet man aber, bis wie weit völlige Genauigkeit in allen einzelnen, zu einer Beobachtung gehörigen, Theilen erreicht werden kann, summirt die auf diese Weise gefundenen Gröſsen und dividirt sie durch das ganze gefundene Resultat, so erhält man die Fehlergrenze oder die Grenze der möglichen Fehler einer Beobachtung, über welche hinaus sie nicht für absolut genau angesehen werden kann, ob-

---

1 Vorschriften und Regeln über die Kunst des Beobachtens haben gegeben Baco von Verulam in: De interpretatione Naturae; und in: De augmentis scientiarum. S. Works, V Vol. 4. Lond. 1765. Vorzüglich Senebier in l'Art d'observer. Genève 1775. II Vol. 8. Die Kunst zu beobachten, von J. Senebier; a. d. Fr. übers. von J. F. Gmelin Leipz. 1776. II Vol. 8. Carrard art d'observer. à Amsterdam 1777. 8. Allgemeine Anweisungen enthalten auch die Handbücher der Logik.

2 Vergl. als Regel und Beispiel Benzenberg Vers. über d. Umdrehung d. Erde. p. 54 u. 59.

gleich keineswegs folgt, daſs sie nur bis zu dieser Grenze wirklich genau ist. Beobachtete man z. B. die Zeitdauer zwischen dem Sehen des Aufblitzens eines Kanonenschusses und dem Hören des Schalles an einer Uhr, deren Pendel halbe Secunden angeben möge, lieſse sich annehmen, daſs hiervor noch der fünfte Theil sicher geschätzt werden könnte; hat man ferner Grund anzunehmen, daſs bei der Beobachtung des Aufblitzens ein Fehler von 0,1 Secunde und bei der des ersten Schalleindrucks bis zur Beachtung der Zeit 0,2 Secunden Verspätung eintreten könnte, den Gang der Uhr selbst als völlig genau vorausgesetzt, so wäre $0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}2 = 0{,}4$ Secunde die Summe der Fehler; und betrüge die ganze Dauer der Beobachtung 5 Secunden, so wäre $0{,}4 : 5 = 0{,}08$ die Fehlergrenze. Hätte man also gefunden, daſs der Schall in jeder Secunde 1030 p. F. zurücklegte, so würde diese Beobachtung bis auf $\frac{1030}{5} \times 0{,}08 = 16{,}48$ F. genau seyn. Hierbei ist zur leichteren Berechnung des Beispiels angenommen, daſs die gesammten Fehler die Unrichtigkeit vergröſsern oder zusammenfallen, welches indeſs nicht immer der Fall ist, indem vielmehr oft auch einige negativ seyn können, so daſs sie sich wechselseitig aufheben, mithin nur als entgegengesetzte Gröſsen summirt werden dürfen. So würde namentlich in dem angenommenen Falle, wenn bei der Beobachtung des Blitzes ein möglicher Fehler von 0,1 Sec. und bei der des anfangenden Schalles von 0,2 Sec. anzunehmen wäre, Letzteres durch Ersteres um den aliquoten Theil aufgehoben werden, und könnte sonach die Summe der Fehler nur 0,2 Sec. seyn. Indeſs wird hierbei wiederum angenommen, daſs alle drei Fehler wirklich begangen sind. Wäre dieses der Fall, so müſsten sie als bestimmte Gröſsen in Rechnung genommen und corrigirt werden, wonach sie dann aber verschwänden, und die Beobachtung als völlig genau anzunehmen wäre. In der Annahme aber liegt, und so findet es sich auch hiermit übereinstimmend in der Wirklichkeit, wenn wir das angenommene Beispiel beibehalten, daſs die Zeit zwar völlig genau, aber auch bis zu einer gewissen Grenze falsch, und eben so der Moment des Aufblitzens und der erste Eindruck des Schalles absolutgenau beobachtet seyn könnten. Hiernach läſst sich also die Grenze, über welche

hinaus die Beobachtungen nicht füglich für falsch zu halten sind, mit einem hohen Grade der Schärfe und der Gewifsheit angeben, die Bestimmung aber, bis wie weit sie dieses wirklich seyn mögen, fällt der Wahrscheinlichkeit anheim.

Indefs geht aus der Natur der Sache unmittelbar ein Hülfsmittel hervor, durch welches man dem genauen Resultate sich bis zu einer gewissen Grenze immer mehr zu nähern vermag, nämlich dafs man die Versuche und Beobachtungen wiederholt, und hierdurch die sich gegenseitig aufhebenden Fehler eliminirt[1]. Hätte man z. B. in dem zur Erläuterung gewählten Falle bei zwei Beobachtungen einmal 0,1 Sec. zu viel und das anderemal 0,1 Sec. zu wenig gemessen, so würden beide Gröfsen addirt ein vollkommen genaues Resultat geben. Indem aber leicht beidemale eine zu *grofse* Zeitbestimmung statt haben konnte, oder allgemein, da der nämliche Fehler auch zweimal hintereinander begangen werden kann, so ergiebt sich hieraus, dafs zwei Beobachtungen zur Eliminirung der Fehler nicht genügen, und man kommt durch weitere Betrachtung der Sache zu der Frage, wie viele Beobachtungen zur Erhaltung immer gröfserer Genauigkeit angestellt werden müssen. Hierauf läfst sich indefs nur im Allgemeinen eine Antwort ertheilen, welche dann den einzelnen Fällen anzupassen ist. Vorläufig kommt es nämlich darauf an, wie oft eine Beobachtung nach der stets auf gewisse Weise beschränkten Zeit, der Dauer der Erscheinung und der endlich wandelbar werdenden Apparate wiederholt werden kann. Demnächst läfst sich wohl nicht leugnen, dafs die möglichen Fehler um so mehr verschwinden müssen, je öfter eine Beobachtung wiederholt wird, und dafs man daher das richtigste Resultat aus der gröfsten Menge der Beobachtungen und Versuche erhält, jedoch blofs unter der Bedingung, dafs alle nahe oder völlig von gleich grofser Genauigkeit sind, indem offenbar fehlerhafte nur die Unrich-

---

1 Das Wiederholen der zu messenden Winkel mit ganzen Kreisen, von T. Mayer 1752 erfunden und *artificium multiplicationis* genannt. von de Borda nach seinen 1755 angestellten Versuchen in Ansehn gebracht, S. Description et usage d' un nouveau Cercle de reflection. IVol. 4. beruhet zum Theil gleichfalls hierauf, kann aber als rein geometrische Operation hier nicht beschrieben werden.

tigkeit vermehren können, welche man daher auch auszuschliefsen pflegt. Dabei wird jedoch vorausgesetzt, indem in sich falsche Beobachtungen überhaupt nicht aufgenommen werden können, dafs man das richtige Resultat schon kenne; und durch die Vergleichung des, aus einem Versuche erhaltenen, mit diesem die Unrichtigkeit aus der Abweichung davon finde, da doch eben das richtige Resultat erst gefunden werden soll. Indefs ergiebt sich von selbst, dafs die einzelnen wegen der bestimmbaren Fehler corrigirten, Ergebnisse so viel genauer seyn müssen, je mehr sie unter einander selbst übereinstimmen. Hat man also hieraus das nahe richtige Resultat gefunden, so ist es leicht, die zu sehr hiervon abweichenden Ergebnisse auszuschliefsen [1].

Einige Beobachtungen geben ohne Weiteres die Resultate selbst, wie z. B. der Thermometer die Temperaturen, der Barometer bei 0° Temperatur den Luftdruck; andere dagegen müssen erst berechnet werden, um sie aus ihnen zu erhalten, wie z. B. zwei oder drei Thermometerbeobachtungen zur Auffindung der mittleren täglichen Temperatur, oder zwei Barometerstände an verschiedenen Orten zum Auffinden ihrer ungleichen Erhebung über die Meeresfläche. Auf welche Weise die Beobachtungen jedesmal zu berechnen sind, wenn man die gesuchten Resultate aus ihnen finden will, kann bei dem Umfange dieses Gegenstandes hier nicht vollständig angegeben werden, um so mehr, als es hierfür keine allgemeine Methode giebt, indem vielmehr das Gesuchte in jedem einzelnen Falle auf eine oder mehrere eigenthümliche Arten gefunden wird. Als Beispiele zu dem Gesagten mögen indefs unter zahllosen andern dienen die Methode, wonach Cavendish aus den Beobachtungen an der Drehwaage die Stärke der Anziehung gegebener Massen findet [2], Biot aus den Pendelversuchen die Abplattung der Erde [3] und J. T.

1 Vergl. Gaufs Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae. in Com. Soc. Reg. Sc. Gott. T. V. ad ann. 1819—22.

2 Phil. Tr. LXXXVIII. 469.

3 Recueil d'observations cet. par M. M. Biot et Arago. Par. 1821. 1. Vol. 4.

Mayer aus den Entfernungen abgestoſsener Kügelchen das Gesetz der elektrischen Abstoſsung[1].

Werden die Resultate der einzelnen Beobachtungen für sich durch Berechnung derselben gefunden, so müssen diese aus den oben angegebenen Gründen mit gröſseren oder geringeren Fehlern behaftet seyn, und werden daher nicht vollkommen mit einander übereinstimmen. Es folgt ferner sehr einfach, daſs man das richtigste Resultat aus allen erhält, wenn man mit Weglassung der auffallend abweichenden das arithmetische Mittel aus denselben nimmt[2], eine Methode, welche man schon sehr lange angewandt hat, indem man die sämmtlichen in Rechnung zu nehmenden Gröſsen addirt und die Summe durch die Zahl derselben dividirt. Le Gendre zeigt[3], daſs das hieraus erhaltene arithmetische Mittel zu nehmen nichts anders als eine sehr einfache Anwendung der neuerdings aufgefundenen Methode der kleinsten Quadratsummen sey[4]. Hat man nämlich für eine gewisse Gröſse $= x$ verschiedene Werthe $= a', a'', a''' \ldots$ erhalten, so ist die Summe der Quadrate der Irrthümer $= (a' - x)^2 + (a'' - x)^2 + (a''' - x)^2 + \ldots$ und indem man hieraus das Minimum sucht, so erhält man

$$0 = (a' - x) + (a'' - x) + (a''' - x) + \ldots$$

$$\text{woraus } x = \frac{a' + a'' + a''' + \ldots}{n}$$

für n Beobachtungen gefunden wird.

Ungleich zusammengesetzter wird indeſs das Verfahren, wenn man aus mehreren Beobachtungen und den arithmetischen Mitteln derselben ein gewisses Gesetz finden will, in welchem eine veränderliche Gröſse $= y$ als Function einer anderen veränderlichen Gröſse $= x$ und beständiger Gröſsen $= a, b, c \ldots$ ausgedrückt ist, z. B. wenn man die Temperaturen $= y, y', y'' \ldots$ eines an beiden Enden ungleich er-

1 Comment. Soc. Reg. Gott. Vol. V. Gott. 1823.

2 Lambert Beiträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung. Berl. 1765. I. 426. Gauſs Theor. Mot. Corp. p. 206.

3 Mém. de l'Inst. 1810. II. 152.

4 Vergl. Gauſs Theoria Combinationis observ. error. min. obnoxiae in Com. Gott. V. p. 62.

wärmten Metallstabes für wachsende Entfernungen von einem der Endpuncte = ax, bx, cx .... aus den beobachteten Thermometergraden; oder etwa den Gang der östlichen und westlichen Abweichung der Magnetnadel in einer Reihefolge von Jahren; oder das Gesetz der Ausdehnung einer gegebenen Flüssigkeit bei verschiedenen Graden der Temperatur kennen wollte, u. dgl. m. Auch hierfür giebt es sehr verschiedene, nach der eigenthümlichen Beschaffenheit der Aufgabe modificirte Methoden, von denen nur einige der wichtigsten und allgemeiner anwendbaren hier erwähnt werden können. Als eine sehr allgemein brauchbare kann man die geometrische Construction der zu einander gehörigen Gröfsen durch eine gerade oder krumme Linie ansehen, je nachdem sich dieselbe darstellt, bei welcher man am einfachsten rechtwinkliche Coordinatenaxen annimmt. Es seyen zu diesem Ende x und y die Coordinatenaxen für die gefundenen Grössen x und die zugehörigen von y, man trage die ersteren von A an nach m, n, o, p,... und die letzteren als mα, nβ, oγ, pδ.... mit AY parallel auf, ziehe durch die Endpuncte die krumme Linie, so drückt diese letztere das Gesetz aus, wonach sich y für verschiedene Werthe von x verändert. Fände sich z. B. dafs für eine verschwindende Veränderung von x

Fig. 177.

$= dx$ der Werth von $\frac{dy}{y}$ gehörte, so ergäbe sich aus der Gleichung $dx = \frac{dy}{y}$, dafs $x = \text{Log. } y$ und die Curve eine logarithmische seyn müfste. Fände sich ferner bei irgend einer auf ähnliche Weise erhaltenen Curve, dafs für $x = 0$ auch y verschwände, so würde die Curve in A anfangen, wäre dieses aber nicht der Fall, sondern käme noch eine beständige Gröfse = a hinzu, so würde dieselbe in a anfangen, und in r, s, t, q ... die Enden der Ordinaten treffen. Um noch einen, auf das zweite oben gewählte Beispiel passenden Fall zu erläutern, mögen X und Y abermals die rechtwinklichen Coordinatenaxen bezeichnen, dann auf der ersteren die den Jahren proportionalen Räume a, b, c, d ... und die mit der letzteren parallelen Linien aα, bβ, gγ.... den Graden der östlichen Abweichung der Magnetnadel proportional

Fig. 178.

genommen werden, so bezeichnet die durch die Endpuncte gezogene Curve $\alpha, \beta, \gamma \ldots$ den Gang der östlichen Abweichung, welche die Axe Y schneidend $= 0$ und dann westlich, also in Beziehung auf die vorige negativ wird. Lieſse sich dann die Krümmung der Curve und somit auch die Länge einer jeden Ordinate y als Function der Jahre von einem gewissen Zeitpuncte an, oder welches einerlei ist, als der auf der Abscissenaxe X genommenen Räume $x, x', x'' \ldots.$ genau ausdrücken, so dürfte man nur die Zeit nehmen, um hieraus die zugehörige Abweichung durch Messung oder Rechnung zu finden.

Es ist indeſs nicht unumgänglich nothwendig, oft sogar beschwerlich, die Resultate der Beobachtungen zur Darstellung des Naturgesetzes auf die angegebene Weise geometrisch zu construiren, vielmehr kann man letzteres meistens leichter und bequemer algebraisch oder analytisch ausdrücken, wovon es abermals so viele und verschiedene Methoden giebt, daſs es unmöglich ist, sie sämmtlich hier aufzuzählen. Im Allgemeinen findet man das Gesetz des Fortganges der veränderlichen Gröſse entweder durch Interpolation der durch die Beobachtungen erhaltenen Resultate, oder indem man dasselbe als eine aus der Natur der Sache selbst folgende und auf unwandelbare Thatsachen gestützte Function ausdrückt. Als Beispiel der ersteren Art möge das Verfahren dienen, durch welches Biot den Gang eines Wasserthermometers und die den *wachsenden* Temperaturen zugehörigen Grade desselben aus der Vergleichung mit einem Quecksilberthermometer gefunden hat[1]. Die Sache allgemein genommen, seyen $T, T', T'', T''' \ldots.$ die willkührlichen Grade eines Wasserthermometers; $t, t', t'', t''' \ldots.$ die bei gleichen Temperaturen beobachteten Grade des Quecksilberthermometers nach irgend einer Scale, so würde man den Gang des ersteren allgemein finden, wenn man

$$T = at + bt^2 + ct^3 + dt^4 + \ldots$$
$$T' = at' + bt'^2 + ct'^3 + dt'^4 + \ldots$$
$$T'' = at'' + bt''^2 + ct''^3 + dt''^4 + \ldots$$
$$T''' = at''' + bt'''^2 + ct'''^3 + dt'''^4 + \ldots$$

---

1 S. *Ausdehnung*.

setzte, die unbekannten Coefficienten a, b, c, ... für die höheren Potenzen von t, t'..., so weit diese erforderlich sind, genommen, nach bekannten Regeln fände[1], wonach dann allgemein

$$T_0 = a t_0 + b t_0^2 + c t_0^3 + d t_0^4$$

wäre. Dafs die Rechnung hierbei so viel leichter wird, je wenigere höhere Potenzen berücksichtigt werden müssen, indem ihre Werthe so geringe sind, dafs man ihren Einflufs vernachlässigen kann, versteht sich von selbst[2]. Als ein Beispiel der zweiten Art möge die Methode dienen, nach welcher J. T. Mayer das Gesetz für die Elasticität der Dämpfe gefunden hat, welche man unter dem Artikel: *Dampf* vollständig angegeben findet. Hat man demnach durch die eine oder die andere dieser Methoden, oder irgend eine sonstige das Gesetz des Fortganges einer Zahlenreihe oder überhaupt einer Gröfse gefunden, oder y als Function von x ausgedrückt erhalten, so kann man jeden Werth der ersteren veränderlichen Gröfse erhalten, wenn man $y = f(x)$ setzt, und die letztere Function auf die gefundene Weise ausdrückt, wobei wiederum zu der Function x noch eine beständige Gröfse hinzukommt oder nicht.

Beide hier angegebenen Methoden beruhen im Wesentlichen darauf, dafs durch die allgemeine Formel, in welcher die beständigen Gröfsen durch möglichst genaue und hinlänglich weit von einander liegende Beobachtungen bestimmt sind, die Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von dem richtigen Naturgesetze ausgeglichen werden. Fände man bei der Vergleichung der dann nach der Formel berechneten Werthe mit den durch die Beobachtung erhaltenen eine zu grofse Differenz, so würde folgen, dafs entweder das allgemeine Gesetz durch die Formel unrichtig ausgedrückt sey, oder dafs die abweichenden Beobachtungen eigenthümliche Fehler enthielten. Im ersten Falle wäre dann erforderlich, die beständigen Gröfsen aus genaueren Beobachtungen zu bestim-

---

1 In dem vorliegenden Falle würden z. B. aus den vier Gleichungen, in denen T, T'... desgleichen t, t'... bekannt sind, die vier unbekannten Gröfsen a, b, c, d gefunden werden können.

2 Vergl. *Ausdehnung des Wassers.*

men, oder, was ungleich vorzüglicher ist, man kann durch Anwendung der später zu erörternden Methode der kleinsten Quadrate die Abweichungen der berechneten Werthe von den beobachteten auf ein Minimum bringen; im letzteren aber könnten die Beobachtungsfehler durch die Anwendung der Formel verbessert werden, und allgemein lassen sich auch diejenigen unbekannten Gröſsen (Werthe von y) durch Rechnung finden, welche durch Versuche nicht unmittelbar gefunden werden können. Auſser den beiden angezeigten allgemeinen Methoden kann auch folgende, durch Eytelwein [1] vorgeschlagene, angewandt werden, um aus einer gröſseren Reihe gegebener Beobachtungen das Gesetz zu finden, nach welchem irgend eine Zahlenreihe oder Gröſse abnehmend oder zunehmend fortschreitet. Es setzt dieses allgemein voraus, daſs die Gröſsen durch Differenzen wachsen, und es fragt sich dann, ob die 2te, 3te,...nte Differenzen beständig werden, indem nur in denjenigen Fällen eine Anwendung derselben statt finden kann, wenn dieses wirklich so ist, und die Rechnung wird dann um so leichter ausfallen, je wenigere Differenzen gesucht werden müssen, bis sie beständig werden, die so gefundene Formel aber wird mit den Beobachtungen so viel genauer übereinstimmen, je mehr die letzten Differenzen sich der Gleichheit nähern. Der Kürze wegen werde die Art des Verfahrens nur in der von Eytelwein gegebenen Form und Ausdehnung, nämlich für zweite und dritte constante Differenzen $= \Delta^2 u$ und $\Delta^3 u$ hier mitgetheilt, indem die Anwendung auf höhere Differenzen selten erforderlich, und dann auch nicht schwer zu machen ist.

Es sey demnach von einer arithmetischen Reihe der *dritten* Ordnung die (algebraische) Summe $= S$; die Summe ihrer ersten Differenzen $= S'$; der zweiten $= S''$; der dritten $= S'''$; das erste Glied u; das zweite u_2; das nte u_n und n die Zahl der Glieder, so ist [2]

$$S = nu + (n-1)\Delta u + \frac{n-1 . n-2}{2}\Delta^2 u + \frac{n-1 . n-2 . n-3}{2 . 3}\Delta^3 u$$

---

1 G. XXXIX. 221.

2 L. Euler. Institut. Calc. Diff. Petrop. 1755. 4. T. I. C. 2 §. 57. p. 55.

$$S' = (n-1)\Delta u + \frac{n-1.n-2}{2}\Delta^2 u + \frac{n-1.n-2.n-3}{2.3}\Delta^3 u$$

$$S'' = (n-2)\Delta^2 u + \frac{n-2.n-3}{2}\Delta^3 u$$

$$S''' = (n-3)\Delta^3 u.$$

Aus diesen vier Gliedern erhält man nach gehöriger Entwikkelung

$$u = \frac{12\,S - 6\,n S' + n.n-1.S''}{12\,n}.$$

$$\Delta u = \frac{12\,S' - 6\,(n-1)\,S'' + n-1.n-2.S'''}{12\,(n-1)}$$

$$\Delta^2 u = \frac{2\,S'' - (n-2)\,S'''}{2\,(n-2)}$$

$$\Delta^3 u = \frac{S'''}{n-3}.$$

Auch ist allgemein das nte Glied der Reihe

$$u_n = u + (n-1)\Delta u + \frac{n-1.n-2}{2}\Delta^2 u + \frac{n-1.n-2.n-3}{2.3}\Delta^3 u$$

Für eine Reihe der zweiten Ordnung wird $\Delta^3 u = 0$ und also auch $S''' = 0$, also

$$u = \frac{12\,S - 6\,n\,S' + n.n-1.S''}{12\,n}$$

$$\Delta u = \frac{12\,S' - 6\,(n-1)\,S''}{12\,(n-1)}$$

$$\Delta^2 u = \frac{S''}{n-2}$$

$$u_n = u + (n-1)\,\Delta u + \frac{n-1.n-2}{2}\,\Delta^2 u.$$

Hätte man also die Summe der Zahlen $= S$ und die Summen der Differenzen $= S'$, S'' und S''' gefunden, so könnte man hieraus Δu, $\Delta^2 u$, $\Delta^3 u$ und hieraus jedes einzelne Glied $= u_n$ berechnen. Weil aber das Finden der Summen der Differenzen durch wirkliche Addition, vorzüglich wenn sich negative darunter befinden, oft beschwerlich ist, so lassen sich dieselben auch auf folgende Weise erhalten. Es ist

$$u_2 = u + \Delta u$$
$$u_3 = u_2 + \Delta u_2 = u + \Delta u + \Delta u_2$$
$$u_4 = u_3 + \Delta u_3 = u + \Delta u + \Delta u_2 + \Delta u_3$$
$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$
$$u_n = u + \Delta u + \Delta u_2 + \ldots\ldots + \Delta u_{n-1} = u + S'$$

Daher $S' = u_n - u$ und ebenso

$$S'' = \Delta u_{n-1} - \Delta u = u_n - u_{n-1} - (u_2 - u)$$
$$S''' = \Delta^2 u_{n-2} - \Delta^2 u = u_n - 2u_{n-1} + u_{n-2} - (u_3 - 2u_2 + u)$$

wonach also aus den ersten und letzten Gliedern der Reihe die Summen der Differenzen gefunden werden können. Ist demnach eine Reihe von Zahlen $= A, B, C, D, \ldots L, M, N$ gegeben, deren Anzahl $= n$ seyn möge, und man will einen allgemeinen Ausdruck suchen, aus welchem jedes nte Glied $= u_n$ gefunden werden kann, so suche man zuerst die Summe der ganzen Reihe $= S$ durch Addition, alsdann

$$S' = N - A$$
$$S'' = N - M - B + A$$
$$S''' = N - 2M + L - C + 2B - A$$

und mit Hülfe dieser Zahlen für Reihen, in denen die dritten Differenzen nahe constant sind

$$\alpha = \frac{12S - 6nS' + n.\overline{n-1}.S''}{12n}$$

$$\beta = \frac{12S' - 6(n-1)S'' + \overline{n-1}.\overline{n-2}.S'''}{12(n-1)}$$

$$\gamma = \frac{2S'' - (n-2)S''}{2(n-2)}$$

$$\delta = \frac{S'''}{n-3}\text{; so findet man jedes beliebige Glied}$$

$$u_n = \alpha + \beta(n-1) + \tfrac{1}{2}\gamma(n-1)(n-2) + \tfrac{1}{6}\delta(n-1)n-2)(n-3)$$

Sind aber die zweiten Differenzen nahe constant, so bestimme man außer der Summe $= S$

$$S' = N - A$$
$$S'' = N - M - B + A$$

$$\alpha = \frac{12S - 6nS' + n.\overline{n-1}.S''}{12n}$$

$$\beta = \frac{12S' - 6(n-1)S''}{12(n-1)}$$

$$\gamma = \frac{S''}{n-2}; \text{ und erhält dann}$$

$$u_n = \alpha + \beta(n-1) + \tfrac{1}{2}\gamma(n-1)(n-2).$$

Da das ganze Verfahren hier vollständig dargestellt und an sich leicht ist, so wird es überflüssig seyn, die Anwendung desselben durch ein Beispiel noch mehr zu erläutern[1].

Hat man durch die eine oder die andere der angegebenen Methoden oder durch eine diesen ähnliche einmal eine allgemeine Formel gefunden, welche eine veränderliche Gröſse als Function einer andern veränderlichen und beständiger Coefficienten ausdrückt, z. B. die Elasticität der Dämpfe nach irgend einem Maſse als Function der veränderlichen Wärme, (wobei, allgemein genommen, eine veränderliche Gröſse auch als Function von zwei und mehreren veränderlichen Gröſsen mit verschiedenen beständigen Coefficienten ausgedrückt seyn kann), so ist nicht erforderlich, daſs alle Gröſsen, für welche die Formel aufgestellt wird, durch Beobachtungen schon gefunden sind, wie bei der zuletzt erläuterten der Fall seyn muſste, um S oder die Summe der gesammten Gröſsen durch Addition zu erhalten, sondern es müssen nur so viele genaue Beobachtungen vorhanden seyn, als hinreichen, um die Art der Curve zu bestimmen, welche geometrisch construirt oder analytisch durch die Formel ausgedrückt, den Fortgang und die Verhältnisse der gesuchten Gröſse bezeichnet. Die zum Grunde liegenden Beobachtungen sind dann entweder *weit von einander abstehend*, so daſs man die nicht beobachteten Gröſsen durch Interpolation dazwischen legen kann, oder sie sind *nahe bei einander liegend*, bezeichnen somit nur ein Stück der gesuchten Curve, und man setzt dann voraus, daſs die Art der letzteren hierdurch vollständig gegeben sey. Besser ist es immer, nach der ersteren Art zu verfahren, und die Formel auf hinlänglich weit von einander liegende Beobachtungen zu gründen, auf allen Fall aber müssen wirkliche, durch Beobachtungen und Versuche gegebene Gröſsen zum Grunde lie-

1 Eytelwein a. a. O. benutzt diese Methode, um die Dichtigkeit des Wassers für verschiedene Temperaturen aus den Gilpinschen Versuchen zu finden.

gen, indem das Aufstellen einer Formel kein Naturgesetz begründen kann, wie Mollweide sehr richtig aus einander setzt[1].

Noch ist aber hinsichtlich auf die Resultate der Beobachtungen und Versuche, insofern sie zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes dienen sollen, eine Hauptsache zu erörtern. Man ist nämlich allgemein darüber einverstanden, wie oben gezeigt wurde, daſs für eine und dieselbe Gröſse das arithmetische Mittel aus der gröſstmöglichen Zahl von Beobachtungen, mit Ausschluſs der von diesem Mittel selbst am weitesten abweichenden, als das der absoluten Wahrheit am meisten genäherte anzusehen sey. So lange indeſs noch alle Beobachtungen und Versuche von Menschen mit nicht ablolut vollkommenen Sinnen und Werkzeugen angestellt werden, kann auch das Resultat nicht anders als der Wahrheit mehr und mehr genähert seyn. Beim Nehmen des arithmetischen Mittels wird nämlich der allerdings wahrscheinliche Fall vorausgesetzt, daſs ausser den absolut genauen Beobachtungen eben so oft zu viel als zu wenig gemessen sey, wonach also durch Addition dieser entgegengesetzten Gröſsen sie sich wechselseitig aufheben müssen. Diese Voraussetzung beruhet aber wieder auf bloſser Wahrscheinlichkeit, und da es doch eben so gut möglich ist, daſs zwei oder dreimal mehr auf der Seite des *Zuviel* als des *Zuwenig* gefehlt ist; so folgt nothwendig, daſs kein durch das arithmetische Mittel aus n Beobachtungen erhaltenes Resultat für absolut gewiſs gelten kann, womit auch die Erfahrung übereinstimmt. Soll aber auf eine gegebene Anzahl solcher arithmetischen Mittel das Gesetz des Fortganges einer Gröſse gegründet werden, so sind entweder nur so viele Gleichungen gegeben, als unbekannte Gröſsen da sind, oder mehrere (denn den Fall, daſs auch weniger gegeben seyn können, läſst die Aufgabe unbestimmt, und gehört nicht hierher). Im ersteren Falle würde das Gesetz des Fortganges ein bestimmt gegebenes seyn, in welches die mittleren Resultate aller Beobachtungen oder Versuche genau paſsten, im letzteren dagegen müssen bei der Voraussetzung nicht absoluter

1 G. LXII. 422.

Uebereinstimmung aller Resultate der Beobachtungen mit denen durch die Formel gefundenen, als nothwendiger Folge nicht absolut genauer Beobachtungen, einige zu grofs, andere zu klein für das angenommene, auf nur einige der genauesten Beobachtungen gegründete, Gesetz seyn [1]. Um diesen Gegenstand durch einen sehr einfachen Fall zu erläutern, mögen a und b oder α und β die Ordinaten bezeichnen, durch deren Endpuncte die Linien AB oder AC gelegt sind, welche zu denen der ersten Ordnung gehören, und bei gleichem Verhältnifs zu den Abscissen eine einfache Function zweier veränderlicher Gröfsen ausdrücken. Wären für jede nicht mehr als die zwei genannten Ordinaten durch Beobachtungen gegeben, so wäre ihre Richtung genau mit den Beobachtungen übereinstimmend. Sollte dagegen durch drei dieser Ordinaten, oder durch alle vier, oder durch noch mehrere Ordinaten der Gang der geraden Linie bestimmt werden, und wären diese sämmtlich mittlere Resultate gleich genauer Beobachtungen, so müfste offenbar die Linie so gezogen werden, dafs sie nicht durch die Endpuncte aller gehen könnte, vielmehr einige nicht erreichte, von andern etwas abschnitte. Die hiernach entstehenden Differenzen sind Abweichungen der Beobachtungen vom berechneten Gesetze des Fortganges der gesuchten Gröfse, *sie sind theils* + theils —, und man darf im Allgemeinen annehmen, dafs

Fig. 179.

1 Hätte man z. B. um eine der oben angenommenen Aufgaben zur Deutlichmachung zu benutzen, bei einem an *einem* Ende siedend heifsen, am andern eiskalten, Metallstabe die jedem Grade des achtzigth. Thermometers zugehörige Entfernung von einem dieser festen Puncte möglichst genau gemessen, entwickelte dann aus 4 Beobachtungen, welche den Graden 5°; 30°; 50°; 70°; zugehören, die allgemeine Relation zwischen den Entfernungen vom Eispuncte = x und den zugehörigen Thermometergraden = y; so würden nur die bei 5°; 30°; 50°; 70°; gemachten Beobachtungen mit den durch die Formel gefundenen Gröfsen völlig übereinstimmen, alle andere aber in Folge unvermeidlicher Mangelhaftigkeit aller Beobachtungen mehr oder weniger abweichen. Indefs könnten auch diese Abweichungen nur *scheinbar*, das richtige Gesetz aber eben durch dieselben aufzufinden seyn, wenn man voraussetzen dürfte, dafs die dem Gesetze zum Grunde gelegten Beobachtungen selbst von der Wahrheit abweichend, die nicht mit in Rechnung genommenen aber mit derselben übereinstimmend wären.

das berechnete Gesetz der gesuchten Wahrheit um so näher kommt, je mehr die Summe der Differenzen durch Addition derselben verschwindet oder = 0 wird. Dieses folgt allerdings nothwendig aus der Natur der Sache, jedoch würde bei verwickelten Fällen eine unabsehbare Menge von Rechnungen erforderlich seyn, wenn man durch stete Abänderung der beständigen Gröfsen sich dem Verschwinden der entgegengesetzten Differenzen immer mehr zu nähern versuchte. Es entsteht hieraus also das Bedürfnifs einer *allgemeinen Methode*, die Differenzen der gleich genauen Beobachtungen und des aus ihnen erhaltenen Gesetzes möglichst klein zu machen. Eine solche ist früher schon von Lambert angegeben [1], allein gegenwärtig bedient man sich der sogenannten *Methode der kleinsten Quadratsummen*, welche wegen ihrer ausgezeichneten Vorzüge mit vollem Rechte als eine der wichtigsten und bedeutendsten Erweiterungen im Gebrauche des Calcüls bei astronomischen und physikalischen Beobachtungen angesehen wird. Es mag daher erlaubt seyn, diese allerdings nicht ganz leichte Rechnungsmethode hier so einfach und lichtvoll, wie ich dieses zu leisten im Stande bin, darzustellen, wobei ich dem Erfinder derselben C. F. Gauss [2] und einer gehaltreichen Abhandlung von Paucker [3] durchaus folge, und das Beispiel aus des letzteren Schrift um so lieber entlehne, als von den hierdurch gefundenen Resultaten schon unter dem Art. *Ausdehnung* Gebrauch gemacht ist, und noch mehr bei dem Artikel *Dampf* erwähnt werden wird.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs ein, aus einer gröfseren Menge von Beobachtungen (wodurch die Coefficienten in den Gleichungen als unbekannte Gröfsen bestimmt werden müssen) erhaltenes Gesetz dann der Wahrheit wahrscheinlich am nächsten kommt, wenn die Summe der positiven und negativen Differenzen, welche als Folgen begangener

1 Beiträge I. 436.

2 Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium. Hamb. 1809. 1 Vol. 4. §. 172—187.

3 Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme auf physikalische Beobachtungen. Mitau 1819. 4.

Fehler zu betrachten sind, am kleinsten oder = 0 wird, weil man dann voraussetzen darf, dafs gleich oft zu viel, als zu wenig bei den Beobachtungen gemessen ist. Bestimmt man nämlich, um uns des oben gewählten Beispiels zu bedienen, in der Formel

$$y = ax + bx^2 + cx^3 + dx^4 + \ldots$$

den Werth der Coefficienten a, b, c, d..... durch eben so viele Gleichungen, in denen x und y durch Beobachtungen gefunden sind, indem man die veränderlichen Gröfsen als beständig, die beständigen dagegen als veränderlich (oder unbekannt) ansieht; *setzt dann* in einer andern gleichen Anzahl von Gleichungen andere Werthe von x und y, und wiederholt dieses bei viel mehreren Beobachtungen, *als zur* Bestimmung *eines* Werthes von a, b, c...... erforderlich sind, so wird man für diese beständigen Gröfsen wegen der Unvollkommenheit aller Beobachtungen verschiedene Werthe erhalten, und die Differenzen als Beobachtungsfehler ansehen müssen. Man wird dann ferner der Wahrheit aus *dem eben angegebenen Grunde am nächsten* kommen, je kleiner die Summe dieser Fehler zum Theil positiven, zum Theil negativen ist, und daher wollte schon La Place nach *einem früheren* Vorschlage von Boscovich alle Fehler positiv nehmen, und durch eine Differenzialgleichung ihre Summe zur kleinsten machen. Um aber hierbei der willkührlichen Umänderung zu entgehen, darf man nur, damit alles positiv werde, die Fehler auf das Quadrat, oder überhaupt auf die 2 nste Potenz erheben, und ihre Summe zur kleinsten machen. Weil aber die höheren Potenzen zu unnöthig verwickelten Rechnungen führen würden, so bleibt man lieber bei den Quadraten der Fehler, differentiirt die Gleichung derselben nach den beständigen Gröfsen, und setzt den Werth der Differentialgleichung = 0. Indem dieses nur dann möglich ist, wenn die Summe aller der Glieder, die jedes einzelne Differenzial der beständigen Gröfsen multipliciren, = 0 gesetzt wird, so erhält man so viele Gleichungen als beständige Gröfsen, aus denen man diese letzteren dann numerisch entwickelt.

Gauss war der erste, welcher sich 1795 dieser Methode bei der Berechnung der Planetenbahnen bediente. Le-

GENDRE[1] wandte dieselbe später an, um den Elementen zweier Kometenbahnen gröfsere Genauigkeit zu geben, und machte die Geometer darauf aufmerksam; seitdem aber GAUSS die Wichtigkeit derselben für astronomische und physikalische Berechnungen nachgewiesen hat, ist sie mehr beachtet und häufiger angewandt.

Um die Anwendung dieser Methode an einem Beispiele zu zeigen, wollen wir annehmen, es sey der Werth der veränderlichen Gröfse y als Function einer anderen x bis zur dritten Potenz der letzteren gefunden, so dafs allgemein

$$y = ax + bx^2 + cx^3$$

ist, und die beständigen Gröfsen nach der oben angegebenen Methode bestimmt sind. Wären dann die beständigen Gröfsen absolut richtig bestimmt, und alle Beobachtungen völlig fehlerfrei, so müfsten die für alle Werthe von x berechneten Werthe von y mit den beobachteten genau übereinstimmen. Es sey aber

für $x = 1$ der Werth von $y = y_{\prime}$
für $x = 2$ . . . . . . $y = y_{\prime\prime}$
für $x = 3$ . . . . . . $y = y_{\prime\prime\prime}$
u. s. f.

so sind die Beobachtungsfehler $f_{\prime}$, $f_{\prime\prime}$, $d f_{\prime\prime\prime}$.....

$$a.1 + b.1^2 + c.1^3 - y_{\prime} = f_{\prime}$$
$$a.2 + b.2^2 + c.2^3 - y_{\prime\prime} = f_{\prime\prime}$$
$$a.3 + b.3^2 + c.3^3 - y_{\prime\prime\prime} = f_{\prime\prime\prime}$$
u. s. w.

Soll hierin die Summe der Quadrate der Fehler, oder $f_{\prime}^2 + f_{\prime\prime}^2 + f_{\prime\prime\prime}^2$ ...... ein kleinstes werden, so setzt man

$$f_{\prime}.df_{\prime} + f_{\prime\prime}.df_{\prime\prime} + f_{\prime\prime\prime}.df_{\prime\prime\prime} \ldots = 0.$$

Sieht man die beständigen Gröfsen als veränderlich an, so ist

$$da.1 + db.1^2 + dc.1^3 = df_{\prime}$$
$$da.2 + db.2^2 + dc.2^3 = df_{\prime\prime}$$
$$da.3 + db.3^3 + dc.3^3 = df_{\prime\prime\prime}$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

1 Nouvelles méthodes pour la determination des orbites des Comètes. Avec un supplément contenant divers perfectionnemens de ces méthodes et leurs applications aux deux Comètes de 1805. Par A. M. Legendre. A Paris 1806.

$$
\begin{aligned}
f_{\prime}.df_{\prime} = & \; da.(a.1^2 + b.1^3 + c.1^4 - y_{\prime}.1) \\
& + db.(a.1^3 + b.1^4 + c.1^5 - y_{\prime}.1^2) \\
& + dc.(a.1^4 + b.1^5 + c.1^6 - y_{\prime}.1^3) \\
f_{\prime\prime}.df_{\prime\prime} = & \; da.(a.2^2 + b.2^3 + c.2^4 - y_{\prime\prime}.2) \\
& + db.(a.2^3 + b.2^4 + c.2^5 - y_{\prime\prime}.2^2) \\
& + dc.(a.2^4 + b.2^5 + c.2^6 - y_{\prime\prime}.2^3) \\
f_{\prime\prime\prime}.df_{\prime\prime\prime} = & \; da.(a.3^2 + b.3^3 + c.3^4 - y_{\prime\prime\prime}.3) \\
& + db.(a.3^3 + b.3^4 + c.3^5 - y_{\prime\prime\prime}.3^2) \\
& + dc.(a.3^4 + b.3^5 + c.3^6 - y_{\prime\prime\prime}.3^3)
\end{aligned}
$$

u. s. w.

Setzt man der Kürze wegen

$$
\begin{aligned}
y_{\prime}.1 + y_{\prime\prime}.2 + y_{\prime\prime\prime}.3 \ldots &= \Sigma yx \\
y_{\prime}.1^2 + y_{\prime\prime}.2^2 + y_{\prime\prime\prime}.3^2 \ldots &= \Sigma yx^2 \\
y_{\prime}.1^3 + y_{\prime\prime}.2^3 + y_{\prime\prime\prime}.3^3 \ldots &= \Sigma yx^3
\end{aligned}
$$

und berücksichtigt, dafs nach der Lehre von der Summirung der Reihen[1]

$$
\begin{aligned}
1^0 + 2^0 + 3^0 \ldots\ldots + x^0 &= S_0 = x \\
1^1 + 2^1 + 3^1 \ldots\ldots + x^1 &= S_0 = \tfrac{1}{2}x.(x+1) \\
1^2 + 2^2 + 3^2 \ldots\ldots + x^2 &= S_2 = \tfrac{1}{6}x.(x+1)(2x+1) \\
1^3 + 2^3 + 3^3 \ldots\ldots + x^3 &= S_3 = \tfrac{1}{4}x^2.(x+1)^2 \\
1^4 + 2^4 + 3^5 \ldots\ldots + x^4 &= S_4 = \tfrac{1}{30}x.(x+1)(2x+1) \\
&\qquad (3x^2 + 3x - 1) \\
1^5 + 2^5 + 3^5 \ldots\ldots + x^5 &= S_5 = \tfrac{1}{12}x^2.(x+1)^2. \\
&\qquad (2x^2 + 2x - 1) \\
1^6 + 2^6 + 3^6 \ldots\ldots + x^6 &= S_6 = \tfrac{1}{42}x.(x+1)(2x+1) \\
&\qquad [3x^2(x+1)^2 - 3x(x+1) + 1]
\end{aligned}
$$

so ergiebt sich

$$
f_{\prime}.df_{\prime} + f_{\prime\prime}.df_{\prime\prime} + f_{\prime\prime\prime}.df_{\prime\prime\prime} \ldots
$$

$$
= \left\{
\begin{aligned}
& da.[a.S_2 + b.S_3 + c.S_4 - \Sigma xy] \\
+ & db.[a.S_3 + b.S_4 + c.S_5 - \Sigma xy^2] \\
+ & dc.[a.S_4 + b.S_5 + c.S_6 - \Sigma xy^2]
\end{aligned}
\right\} = 0
$$

Indem diese Gleichung nur dann allgemein $= 0$ werden kann, wenn die einzelnen Coefficienten von da, db, dc $= 0$ werden, so erhält man zur Bestimmung von a; b und c

---

1 Vergl. Klügel math. Wörterbuch. III. 867.

$$\odot)\begin{cases}\Sigma yx = a.S_2 + b.S_3 + c.S_4 \\ \Sigma yx^2 = a.S_3 + b.S_4 + c.S_5 \\ \Sigma yx^3 = a.S_4 + b.S_5 + c.S_6\end{cases}$$

Nach den Regeln der Elimination erhalten die Werthe von a, b, c, einen gemeinschaftlichen Nenner $= n$, welcher eine symmetrische Function der Gröfsen S_2, S_3 ..... ist, nämlich:

$$n = S_2.S_4.S_6 + 2.S_3.S_4.S_5 - S_2.S_5.S_5 - S_4.S_4.S_4 - S_6.S_3.S_3$$

und dann ist

$$\rangle)\begin{cases} a = \Sigma yx.\dfrac{S_4.S_6 - S_5.S_5}{n} + \Sigma yx^2.\dfrac{S_4.S_5 - S_3.S_6}{n} + \Sigma yx^3.\dfrac{S_3.S_5 - S_4.S_4}{n} \\ b = \Sigma yx.\dfrac{S_4.S_5 - S_3.S_6}{n} + \Sigma yx^2.\dfrac{S_2.S_6 - S_4.S_4}{n} + \Sigma yx^3.\dfrac{S_3.S_4 - S_2.S_5}{n} \\ c = \Sigma yx.\dfrac{S_3.S_5 - S_4.S_4}{n} + \Sigma yx^2.\dfrac{S_3.S_4 - S_2.S_5}{n} + \Sigma yx^3.\dfrac{S_2.S_4 - S_3.S_3}{n} \end{cases}$$

wodurch also die beständigen Gröfsen so gegeben sind, dafs die Summe der Quadrate der Fehler ein Kleinstes wird.

Die Rechnung läfst sich bequemer machen, wenn man $\dfrac{\Sigma yx}{S_2} = l_0$; $\dfrac{\Sigma yx^2}{S_3} = l_,$; $\dfrac{\Sigma yx^3}{S_4} = l_{,,}$ setzt für S_2, S_3 .... die oben angegebenen Werthe, und zur Abkürzung $x(x+1) = z$ nimmt, wodurch man statt der Gleichungen in $\odot$) erhält

$$l_0 = a + b.\tfrac{3}{2}.\frac{z}{2x+1} + c.\tfrac{1}{5}.(3z-1)$$

$$l_, = a + b.\tfrac{2}{15}.\frac{(2x+1)(3z-1)}{z} + c.\tfrac{1}{3}.(2z-1)$$

$$l_{,,} = a + \tfrac{5}{2}\,b.\frac{z.(2z-1)}{(2x+1)(3z-1)} + c.\tfrac{1}{4}.\frac{3z^2-3z+1}{3z-1}$$

Hieraus erhält man, für

$$n = (x-1)(x-2)(x+2)(x+3)(z+3) = (z-2)(z-6)(z+3)$$

$$a = l_0 . \frac{25.(4z^3 - 8z^2 - 3z + 2)}{n} - l_, . \frac{75\,z^2.(3\,z - 4)}{n}$$
$$+ l_{,,} . \frac{7.(18z^3 - 15z^2 + 9z - 2)}{n}$$

$$b = l_0 . \frac{50(2x+1).z.(3z-4)}{n} + l_, . \frac{90.(2x+1).z.(4z-3)}{n}$$
$$- l_{,,} . \frac{70.(2x+1).z.(3z-1)}{n}$$

$$c = l_0 . \frac{35.(6z^2 - 3z + 2)}{n} - l_, . \frac{525\,z^2}{n}$$
$$+ l_{,,} . \frac{35.(3z-1)(3z+2)}{n}$$

Die drei Coefficienten in dem Werthe von a müssen zusammengenommen $= n$, die von b und die von $c = 0$ seyn.

Das gegebene Beispiel, und die danach bestimmten Formeln reichen nicht weiter als bis zur dritten Potenz der veränderlichen Gröfse x, weil es selten erforderlich ist, mehr als die dritte Potenz einzuführen, obwohl sie sich allgemein machen und noch weiter ausdehnen liefsen, dann aber auch weitläuftiger würden. Hätte indefs die Gleichung folgende Gestalt

$$y = m + ax + bx^2 + bx^3$$

so würden folgende Gleichungen erhalten werden.

$$\Sigma y = m.S_0 + a.S_1 + b.S_2 + c.S_3$$
$$\Sigma yx = m.S_1 + a.S_2 + b.S_3 + c.S_4$$
$$\Sigma yx^2 = m.S_2 + a.S_3 + b.S_4 + c.S_5$$
$$\Sigma yx^3 = m.S_3 + a.S_4 + b.S_5 + c.S_6$$

Hieraus erhält man durch eine ähnliche Substitution wie oben, indem man

$$\frac{\Sigma y}{S_0} = m_0 ; \quad \frac{\Sigma yx}{S_1} = m_, ;$$
$$\frac{\Sigma yx^2}{S_2} = m_{,,} ; \quad \frac{\Sigma yx^3}{S_3} = m_{,,,} \text{ und}$$

$x(x+1) = z$ setzt:

$$m_0 = m + a.\tfrac{1}{2}.(x+1) + b.\tfrac{1}{6}.(x+1)(2x+1) + c.\tfrac{1}{4}.(x+1).z$$

$$m_{,} = m + a.\tfrac{1}{3}.(2x+1) + b.\tfrac{1}{2}.z + c.\tfrac{1}{15}.(2x+1)(3z-1)$$

$$m_{,,} = m + a.\tfrac{3}{2}.\frac{z}{2x+1} + b.\tfrac{1}{5}.(3z-1) + c.\tfrac{1}{2}.\frac{z.(2z-1)}{2x+1}$$

$$m_{,,,} = m + a.\tfrac{2}{15}.\frac{(2x+1)(3z-1)}{z} + b.\tfrac{1}{3}.(2z-1)$$

$$+ c.\tfrac{2}{21}.\frac{(2x+1)(3z^2-3z+1)}{z}.$$

Setzt man der Kürze wegen

$$(x-1)(x-2)(x-3) = p$$

$$(x-1)(x-2)(x-3)(x+2)(x+3) = (x-3)(z-2)(z-6) = q,$$

so erhält man folgende Werthe:

$$m = m_0.\frac{8.(2x+1)(z+3)}{p} - m_{,}.\frac{10.(x+1)(6z+5)}{p}$$

$$+ m_{,,}.\frac{20.(x+1)(4z+1)}{p} - m_{,,,}.\frac{35.(x+1).z}{p}$$

$$a = -m_0.\frac{20.(6z+5)}{p}$$

$$+ m_{,}.\frac{100.(6x^4+27x^3+42x^2+30x+11)}{p}$$

$$- m_{,,}.\frac{50.(x+1)(2x+1)(3x+2)(3x+5)}{q}$$

$$+ m_{,,,}.\frac{70.z.(6x^2+15x+11)}{q}$$

$$b = m_0.\frac{120.(2x+1)}{p} - m_{,}\frac{150.(x+1)(3x+2)(3x+5)}{q}$$

$$+ m_{,,}.\frac{60.(4z+1)(9x+13)}{q} - m_{,,,}.\frac{1050.(x+1).z}{q}$$

$$c = -m_0.\frac{140}{p} + m_{,}.\frac{140.(6x^2+15x+11)}{p}$$

$$- m_{,,}.\frac{700.(2x+1)(x+1)}{q} + m_{,,,}.\frac{700.z}{q}$$

Unter den verschiedenen Beispielen der Anwendung dieser Formel in der angezeigten Abhandlung von Paucker möge

dasjenige hier zur weiteren Erläuterung dienen, worin die Ausdehnung des Wassers bei verschiedenen Temperaturen berechnet ist. De Lüc hat nämlich[1] an einem Quecksilberthermometer die Grade t nach R und bei gleichen Temperaturen an einem Wasserthermometer die zugehörigen Grade T beobachtet, indem beide bei 0° und 80° übereinstimmten:

t	T	t	T	t	T	t	T
5	— 0,4	25	7,3	45	26,1	65	53,5
10	+ 0,2	30	11,2	50	32,0	70	62,0
15	1,6	35	15,9	55	38,5	75	71,0
20	4,1	40	20,5	60	45,8	80	80,0

Es sey für diese Versuche $T = lt + mt^2 + nt^3$ und

$$\frac{t}{5} = x; \frac{T}{5} = y, \text{ wodurch}$$

$$y = lx + \tfrac{1}{5} mx^2 + \tfrac{1}{25} nx^3 \text{ oder}$$
$$y = ax + bx^2 + cx^3 \text{ wird.}$$

Sämmtliche Beobachtungen durch 5 dividirt geben folgende Vergleichung

x	y	x	y	x	y	x	y
1	— 0,08	5	1,46	9	5,22	13	10,70
2	+ 0,04	6	2,24	10	6,40	14	12,40
3	0,32	7	3,18	11	7,70	15	14,20
4	0,82	8	4,10	12	9,16	16	16,00

Indem in diesem Beispiele der Werth von x = 16 ist, so kann man diesen in die oben gefundenen Formeln für a, b und c setzen, und erhält dann

$$a = l_0 . \frac{1997547650}{19750500} - l_, . \frac{4505625600}{19750500}$$
$$+ l_{,,} . \frac{512080800}{19750500}$$

$$b = - l_0 . \frac{364425600}{19750500} + l_, . \frac{876506400}{19750500}$$
$$- l_{,,} . \frac{512080800}{19750500}$$

---

1 S. *Ausdehnung; des Wassers.*

$$c = l_0 . \frac{15508150}{19750500} - l_{,} . \frac{38841600}{19750500} + l_{,,} . \frac{2333450}{19750500},$$

worin die gefundenen Quotienten leicht beträchtlich verkleinert werden können. Es ist ferner

x	y	yx	yx^2	yx^3
1	—0,08	—0,08	—0,08	—0,08
2	+0,04	+0,08	+0,16	+0,32
3	0,32	0,96	2,88	8,64
4	0,82	3,28	13,12	52,48
5	1,46	7,30	36,50	182,50
6	2,24	13,44	80,64	483,84
7	3,18	22,26	155,82	1090,74
8	4,10	32,80	262,40	2099,20
9	5,22	46,98	422,82	3805,38
10	6,40	64,00	640,00	6400,00
11	7,70	84,70	931,70	10248,70
12	9,16	109,92	1319,04	15828,48
13	10,70	139,10	1808,30	23507,90
14	12,40	173,60	2430,40	34025,60
15	14,20	213,00	3195,00	47925,00
16	16,00	256,00	4096,00	65536,00

Diese Columnen summirt geben:

$$\Sigma yx = 1167,34 ; \Sigma yx^2 = 15394,70 ; \Sigma yx^3 = 211194,70$$

$$S_2 = 1496 ; S_3 = 18496 ; S_4 = 243848$$

vermittelst welcher Werthe nach gehöriger Substitution

$$y = - 0,10718396\, x + 0,084360326\, x^2 - 0,0009540412\, x^3$$

$$T = - 0,10718396\, t + 0,0168720652\, t^2 - 0,000038161648\, t^3$$

gefunden wird. Die nach dieser Formel berechneten Werthe von T mit den durch die Beobachtungen gefundenen verglichen geben Differenzen, von denen die Summe der Quadrate nur 1,381 beträgt, statt dafs sie nach Biot's Formel = 2,873 ist.

Diese zwar etwas weitläuftige, und mühsame aber für die Berechnung aller wichtigen astronomischen und physikalischen Beobachtungen und die darauf zu gründenden allgemeinen Gesetze höchst fruchtbare Methode ist von ihrem berühmten Erfinder mit einer Aufgabe in Verbindung gesetzt,

welche gleichfalls bei allen aus einer Reihe von Beobachtungen und Versuchen erhaltenen Resultaten sehr in Betrachtung kommt, nämlich mit der Berechnung der wahrscheinlichen Genauigkeit einer auf die angegebene Weise gefundenen Gröfse. Zunächst beweiset derselbe[1]: der Grundsatz, durch das arithmetische Mittel aus einer Anzahl Beobachtungen von gleicher Genauigkeit der Wahrheit möglichst nahe zu kommen, setze voraus, dafs die Wahrscheinlichkeit $= w$, einen gewissen geringen Fehler $= f$ bei den Beobachtungen begangen zu haben, durch eine Exponentialfunction dieses Fehlers ausgedrückt werden könne, deren Exponent dem Quadrate des Fehlers multiplicirt in das Quadrat der Genauigkeit der Beobachtung $= g$ proportional sey, wonach also

$$w = \frac{g}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{e}\right)^{g^2 f^2} \text{ ist,}$$

wenn e die Grundzahl der hyperbolischen Logarithmen, und π das Verhältnifs der halben Peripherie des Kreises zum Radius $= 1$ bezeichnet. Hieraus folgt unmittelbar, dafs die Wahrscheinlichkeit $= W$, in einer Reihe von n Beobachtungen die gefundenen einzelnen Fehler $f_{,}, f_{,,}, f_{,,,} \ldots$ gleichzeitig begangen zu haben, bei allen gleiche Genauigkeit $= g$ vorausgesetzt, einer ähnlichen Exponentialfunction proportional seyn mufs, deren Exponent das Quadrat der Genauigkeit multiplicirt mit der Summe der Quadrate aller Fehler ist, oder:

$$w_{,}, w_{,,}, w_{,,,} \ldots w_n = W = \left(\frac{g}{\sqrt{\pi}}\right)^n \cdot \left(\frac{1}{e}\right)^{g^2 [f_{,}^2 + f_{,,}^2 + f_{,,,}^2 \ldots + f_n^2]}$$

Bei der Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate ist nicht erforderlich das Mafs der Genauigkeit der einzelnen Beobachtungen, oder den Werth von g zu kennen. Bei den grofsen Forderungen aber, welche man gegenwärtig insbesondere an die astronomischen Beobachtungen macht, ist es allerdings von Wichtigkeit, auch dieses zu bestimmen. Gauss[2] hat daher auf eine sinnreiche Weise gezeigt, wie man durch

1 a. a. O. §. 177. Vgl. Pancker a. a. O. p. 6.

2 Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften von Lindenau u. Bohnenberger. Tüb. 1816. I. 185.

die Beobachtungen selbst hierzu gelangt, was indeſs wichtiger für die Astronomie ist, wegen der groſsen Anzahl der für irgend einen Werth erforderlichen Beobachtungen, als für die Physik. Auf eine leichtere Weise würde man nach Th. Young[1] zu einem ähnlichen Resultate gelangen, wenn sich in Gemäſsheit seiner Berechnungen annehmen lieſse, daſs der wahrscheinliche mittlere Fehler = e' aus n Beobachtungen durch die Formel: $e' = 0{,}85 \frac{e}{\sqrt{n}}$ gefunden werden könne, worin e das arithmetische Mittel der sämmtlichen Beobachtungsfehler ist. Indeſs bleibt es immer ungewiſs, ob auch das Mittel aller Beobachtungsfehler wirklich gefunden ist, vorzüglich wenn die sämmtlichen Beobachtungen mit dem nämlichen Instrumente und von derselben Person angestellt wurden. Wie der mittlere Fehler bestimmt, und somit auch das wahrscheinlichste End-Resultat aus den Resultaten einer groſsen Menge von Beobachtungen erhalten werden könne, hat auch Laplace in einer gelehrten Abhandlung gezeigt[2], desgleichen, wie das Resultat der Beobachtungen nach der Wahrscheinlichkeit zu corrigiren sey[3]. Nimmt man indeſs die Sache in ihrem ganzen Umfange, und berücksichtigt, daſs dabei nicht bloſs die Güte der Instrumente, die Art ihres Gebrauches, die Zahl der Wiederholungen und die Methode der Berechnung, sondern die Schärfe der Sinne, Uebung und Geduld des Beobachters oder Experimentators, selbst sein Gemüthszustand, vorgefaſste Meinungen und Leidenschaftlichkeit desselben, ja sogar kaum zu bestimmende Zufälligkeiten in Betrachtung kommen, so ergiebt sich leicht, daſs die Aufgabe, die wahrscheinliche Genauigkeit der durch Beobachtungen und Versuche erhaltenen Resultate zu bestimmen, unter die allerschwierigsten gehört, welche alle Hülfsmittel der scharfsinnigsten Psychologie und des tiefsten Calcüls in Anspruch nimmt. Indeſs haben sich die gröſsten Geometer älterer und neuerer Zeiten mit diesen und verwandten Untersuchungen beschäftigt, unter denen

1 Phil. Tr. 1819. p. 77.
2 Mon. Cor. XXV. 105.
3 Mém de l'Inst. XI. 317.

außer den genannten Erfindern der Methode der kleinsten Quadratsummen vorzüglich JACOB BERNOULLI[1] DE MOIVRE[2], SIMPSON[3], BAYES[4], BEGUELIN[5], CONDORCET[6], LAGRANGE[7], BICQUILLEY[8] u. a.; vor allen aber LACROIX[9] und LAPLACE[10], genannt zu werden verdienen. In dem größeren Werke hat letzterer insbesondere die Formeln angegeben, vermittelst deren die wahrscheinliche Genauigkeit der durch Beobachtung und Versuche gefundenen Resultate berechnet werden kann; indeſs läſst sich diese weitläuftige und schwierige Aufgabe nicht in einer kurzen Uebersicht darstellen. Ebendaselbst[11] befindet sich auch die von ihrem Erfinder genannte: *méthode la plus avantageuse*, wonach die sämmtlichen Beobachtungen verbunden werden können, um die wahrscheinlichst richtigsten Werthe der unbekannten Gröſsen zu erhalten, welche indeſs gleichfalls hier nicht in derjenigen Weise deutlich dargestellt werden kann, als eine praktische Anwendung derselben erfordern würde. *M.*

Berge. S. Erde.

Beschleunigung. S. Bewegung.

Bestandtheile.

Partes constitutivae; Parties constituantes; *component or constituent parts.* So heiſsen die ungleicharti-

---

1 Ars conjectandi. 1713.

2 On the Doctrine of Chances. Lond. 1738. 4.

3 Laws of Chance. Lond. 1742. 4.

4 Phil. Tr. 1763. p. 370. 1764. p. 296.

5 Mém. de Berl. 1767.

6 Mehrere Mémoirs z. B. Mém. de l'Ac. 1781.

7 Mém. de Turin a. a. O.

8 Die Rechnung der Wahrscheinlichkeit a. d. Fr. mit Anm. von Ch. F. Rüdiger. Leipz. 1788. 8.

9 Traité élémentaire du Calcul des Probabilités. Par. 1816. 8. A. d. Fr. m. Zus. und Erläuter. von Unger. Erfurt 1818. 8.

10 Essay philosophique sur les Probabilités. 4me éd. Par. 1819. 8. die 3te übers. von F. W. Tönnies mit Anm. von K. C. Langsdorf. Heid. 1819. Théorie analytique des Probabilités. 3me éd. Par. 1820. I Vol. 4. Das letztere Werk ist wohl das schwerste unter allen Producten, welche aus der tiefsten Kenntniſs im höheren analytischen Calcül hervorgegangen sind.

11 Ibid. 3me Supplem.

gen Materien, welche in irgend einer chemischen Verbindung enthalten sind. Während eine solche chemische Verbindung durch mechanische Mittel bloſs in kleine Theile getrennt wird, welche unter sich homogen sind, und auch mit der ursprünglichen Masse in allen Beziehungen, die räumlichen abgerechnet, übereinkommen, so kann man durch chemische Mittel, welche den Hauptgegenstand der chemischen Analyse ausmachen, und welche auf der Zersetzung der Verbindung durch Hinzutretenlassen anderer wägbarer oder unwägbarer Materien beruhen, aus einer solchen chemischen Verbindung die sie constituirenden heterogenen Materien für sich ausscheiden. Durch Erhitzen des Salzwassers z. B. trennt man dasselbe in Kochsalz und Wasserdampf, der sich in der Kälte zu Wasser verdichtet. Demnach wären Kochsalz und Wasser die Bestandtheile des Salzwassers. Jeder dieser zwei Bestandtheile kann durch weitere Einwirkung verschiedener Materien wieder in neue Bestandtheile zerlegt werden, nämlich das Kochsalz in Chlor und Natrium, und das Wasser in Sauerstoff- und Wasserstoff. Man lasse aber auf die zuletzt genannten 4 Bestandtheile einwirken, welche Substanz man will, so gelingt es nicht, dieselben wieder in andere ungleichartige Theile zu zerlegen. Hieraus ergeben sich folgende Bezeichnungen: Kochsalz und Wasser sind die *näheren Bestandtheile* des Salzwassers; Chlor, Natrium, Sauerstoff und Wasserstoff seine *entfernteren;* und sofern diese entfernteren Bestandtheile nicht weiter in noch entferntere zerlegt werden können, so heiſsen sie auch *unzerlegte* oder (bis dahin) unzerlegbare oder auch *einfache Stoffe* oder *Elemente.* Bei sehr verwickelten Verbindungen reicht die Unterscheidung der Bestandtheile in nähere und entferntere nicht aus, sondern es sind oft nächste, nähere, entferntere und entfernteste zu unterscheiden. Der krystallisirte Alaun besteht z. B. aus trocknem Alaun und Wasser; der trockene Alaun aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Alaunerde; diese beiden Salze aus Schwefelsäure, Kali und Alaunerde, und diese Säure und diese zwei Salzbasen endlich aus Schwefel, Kalium, Alumnium und Sauerstoff. *G.*

Beugung des Lichtes. S. Inflection.

Bewegung.

Motus; Mouvement; *Motion.* Obgleich ein jeder Mensch leicht und gleichsam von selbst einen Begriff mit dem Worte Bewegung verbindet, und in sofern auch weiſs, was Bewegung sey, wie schon s'Gravesande[1] sagt, so ist es doch nicht leicht, alles dasjenige, was man darunter versteht, in einer schulgerechten Definition zusammenzufassen. Die Schwierigkeit wächst, wenn man dasjenige zugleich in die Definition aufnehmen will, was einige Naturforscher durch *innere Bewegung der Theile einer Masse*, oder *innere Bewegung der Materie* bezeichnen, woraus manche Veränderungen, namentlich chemische Wirkungen, zuweilen auch die Wärmeerscheinungen erklärlich seyn sollen. Insofern aber dieses kein Gegenstand der Erfahrung ist, wir auch zur Annahme einer solchen Art von Bewegung als wirklich vorhanden, nicht durch nothwendig und unmittelbar aus der Erfahrung folgende Schlüsse geleitet werden, so kann dieselbe hier überhaupt nicht mit zur Untersuchung kommen[2].

Bewegung, als das Gegentheil der *Ruhe*, nennt man seit den frühesten Zeiten die *Veränderung des Ortes, oder des Raumes, welchen ein Körper einnimmt*, Ruhe dagegen das *Beibehalten dieses Ortes*, indem überhaupt kein Körper anders als im Zustande der Ruhe oder der Bewegung seyend gedacht werden kann[3]. Diese, die Sache in ihrer Allgemeinheit hinlänglich genau bezeichnende, Definition ist bis auf die neuesten Zeiten in den verschiedenen Lehrbüchern der Mechanik allgemein beibehalten, und nur wenige sind von derselben abgewichen. Nach Kant z. B. ist Bewegung die Veränderung der äuſsern Verhältnisse eines Dinges zu einem gegebenen Raume[4], wobei aber die unbestimmte Angabe der *äuſsern Verhältnisse* unnöthig und die Forderung eines *gegebenen Raumes* zu enge ist. Nach Fries[5] ist Be-

1 Elem. Phys. I. 28.

2 Hutton Dict. II. 74. Intestine motion.

3 L. Euler Mechanica, sive Motus scientia analytice exposita. Petrop. 1736. II Vol. 4. I. 1.

4 Metaphys. Anf. 4.

5 Math. Naturphil. 413.

wegung die *stetige Veränderung des Ortes,* wobei das: *stetige* vielleicht ein überflüssiger, im Begriffe: *Veränderung,* schon enthaltener Beisatz ist[1]. Ruhe dagegen ist nach beiden genannten Gelehrten die *andauernde Gegenwart eines Dinges an demselben Orte,* wobei andauernd heifst, was eine Zeit hindurch existirt. Auch hierbei macht der Beisatz: *andauernd,* die Definition unbestimmt. Gesetzt aber auch, es liefse sich eine dieser Definitionen rechtfertigen, wie allerdings mindestens bei der durch Fries aufgestellten Definition der Bewegung leicht geschehen könnte, wenn man nicht den Beisatz: *stetig,* aus dem angegebenen Grunde verwerflich findet, so ist doch jene ältere kürzer, allgemeiner und zur Erläuterung der mechanischen Gesetze pafslicher, weswegen sie beizubehalten ist.

Die Bewegung nebst den Gesestzen, welche bei derselben in Betrachtung kommen, machen das Object der gesammten Mechanik aus. Indem aber dieser weitläuftige Zweig der Mathematik hier nicht vollständig abgehandelt werden kann, so beschränkt sich die vorliegende Untersuchung blofs auf die allgemeinen Gesetze der Bewegung, wobei die verschiedenen speciellen Betrachtungen andern Artikeln vorbehalten bleiben.

Im Allgemeinen ist die Bewegung entweder *wirklich* oder *scheinbar,* letzteres aber nur in so fern, als wir sie auf ein bestimmtes Object beziehen, denn ohne das Vorhandenseyn einer *wirklichen* Bewegung findet auch keine *scheinbare* statt. Die *wahre* Bewegung (wirkliche, motus verus, mouvement réel) ist in der Regel diejenige, welche wir kennen zu lernen suchen, obwohl die scheinbare nicht selten ein Gegenstand der Untersuchung ist, wie namentlich in der Astronomie, worin jedoch die Bewegung der Planeten die wahre, die von der Erde aus beobachtete der Himmelskörper die scheinbare heifst. Jede scheinbare Bewegung, z. B. der Gestirne, entfernter Objecte beim Fahren, Schiffen oder Gehen u. s. w. (*motus apparens,* mouvement apparent) beruhet auf einer Augentäuschung, indem entweder das beobachtete Object ruhet, das Auge aber sich bewegt; oder indem

---

1 S. unten Nr. 4.

die Bewegung des Objectes selbst vermöge der Stellung des Auges zu demselben von diesem nicht genau beurtheilt und nicht gemessen werden kann, weswegen denn die ganze Untersuchung nicht hierher gehört[1].

Die Bewegung ist ferner entweder eine *absolute* oder *relative* (*motus absolutus et relativus;* mouvement absolu et relatif; *absolute and relative motion*). Mit der Bestimmung dieses Unterschiedes ist die Festsetzung der Begriffe vom absoluten und relativen *Orte* nothwendig verbunden, indem nach der aufgestellten Definition die Veränderung des absoluten Ortes absolute, des relativen aber, relative Bewegung genannt wird; der absolute Ort eines Körpers kann aber nicht wohl *ein* anderer seyn, als derjenige, welchen er ohne irgend eine Beziehung (Relation) weder zu einem andern Körper, noch *zu einem* bestimmten Raume einnimmt. Diesen Ort nimmt aber der Körper ein, insofern er ausgedehnt oder überhaupt *im Raume ist*, er kann ihn nie verlassen, und es gäbe somit keine absolute Bewegung. L. Euler[2] dagegen versteht unter absolutem Orte *denjenigen*, welchen ein Körper im unendlichen Weltraume einnimmt, und sofern er diesen verändert, bewegt er sich in absoluter Bewegung. Allein dieser Raum ist unendlich, mindestens für uns *unmefsbar* und unbestimmbar, auch nicht vorstellbar, mithin können wird keine Ortsveränderung in demselben wahrnehmen, und auch nicht eigentlich denken, und es gäbe hiernach gleichfalls keine absolute Bewegung. Ganz abweichend hiervon, und offenbar unrichtig ist der Begriff der absoluten Bewegung, wie er in der Encyclopédie méthodique[3] festgesetzt wird, wonach *sie* in einer Veränderung der Lage eines Körpers *im* Verhältnifs *zu allen* ihn umgebenden Gegenständen bestehen soll, wobei das *aufgenommene*: *Verhältnifs* eben eine Relation, mithin eine relative Bewegung andeutet. Es ergiebt sich sonach gleichsam von selbst, dafs man bei der Bestimmung des Begriffes der absoluten Bewegung nicht zu ängstlich an der Bedeutung des Ausdruckes:

1 S. *Gesicht; Augentäuschungen.*
2 Mechanica. I. 1 bis 3.
3 Vol. IV. 133.

absoluter Ort, und dessen Veränderung hängen darf, indem sie vielmehr auf dem Gegensatze gegen relative Bewegung beruhet. Hiernach besteht also, wie HUTTON[1] richtig angiebt, die absolute Bewegung in der Veränderung des einen Ortes und dem Uebergange in einen andern, wenn man sowohl jenen als auch diesen absolut und ohne ihr Verhältniſs (ihre Relation) zu einem dritten Orte oder Gegenstande betrachtet. Jede Bewegung ist daher absolut, wenn sie nicht in dieser letzteren Beziehung genommen wird, oder nicht relativ ist.

Hinsichtlich der *relativen Bewegung*, welcher die relative Ruhe entgegengesetzt ist, sind dagegen alle Mathematiker einverstanden, und setzen sie in die Veränderung des Ortes in Beziehung auf einen dritten Punct, welcher wiederum entweder ruhend oder bewegt seyn kann. Hieraus folgt von selbst, daſs ein Körper in Beziehung auf verschiedene ihn umgebende, nähere oder entferntere, gegen einige in relativer Ruhe, gegen andere aber in relativer Bewegung seyn kann, und daſs man somit von demselben zu gleicher Zeit behaupten könne, er ruhe, und er werde bewegt, je nachdem man das eine oder das andere Verhältniſs berücksichtigt. Ein Mensch in einem Schiffe z. B. ist stillsitzend in relativer Ruhe zu diesem, und in relativer Bewegung zu den Gegenständen am Ufer; geht er aber in demselben so viel rückwärts, als dasselbe in einer gleichen Zeit vorwärts segelt, so ist er zu jenem in relativer Ruhe, zu diesem in relativer Bewegung. In Beziehung auf die Bewegung der Erde um ihre Axe und im Weltraume ist jeder Mensch, wenn er stillsteht, im Verhältniſs zu ihr selbst in Ruhe, zu den umgebenden Himmelskörpern in Bewegung. Indem man hiernach die Beziehung bald auf den einen bald auf den andern Körper nehmen kann, so lassen sich Fälle denken, in denen die Bestimmung (jedoch nur scheinbar) schwierig scheint, ob man einen Körper ruhend oder bewegt nennen soll. LICHTENBERG pflegte diesen Satz durch das Paradoxon anschaulich zu machen, daſs man in gewissen Fällen nicht bestimmen könne, ob bei einer belagerten Fe-

1 Dictionary II. 73.

stung diese oder die abgeschossenen Kugeln als ruhend zu betrachten seyen. Denkt man sich nämlich zur leichteren Uebersicht eine Festung unter dem Aequator, so wird sie in Beziehung zur Sonne vermöge der Axendrehung der Erde in einer Secunde einen Raum von etwas mehr als 1400 F. von W. nach O. zurücklegen, die Peripherie = 5400 Meilen, die Meile = 22840 p. F. angenommen. Befände sich nun die Kanone genau in Osten der Festung, die Geschwindigkeit der Kugel aber gleichbleibend und etwas mehr als 1400 F. in 1'' betragend, oder genau so viel, als die Rotationsgeschwindigkeit der Erde beträgt, so muſs allerdings im Verhältniſs zur Sonne und von dieser aus betrachtet, abgesehen von der Bewegung der Erde im Weltraume die Kugel ruhend, die Festung dagegen bewegt erscheinen. In der Mechanik, und selbst auch im gemeinen Leben, wird diese Unbestimmtheit der Annahme von Ruhe und Bewegung niemals Schwierigkeiten machen, obgleich man lange Zeit die scheinbare tägliche Bewegung der Himmelskörper als eine wirkliche ansah, und noch jetzt von dieser als einer solchen zu reden pflegt.

Die relative Bewegung eines Körpers kann zwar sehr mannigfaltig seyn hinsichtlich derjenigen Bedingungen, welche überhaupt bei der Bewegung zu betrachten sind; indeſs wird es genügen, von den verschiedenen vorkommenden Fällen hier nur einiges Allgemeine zu erwähnen. In der Hauptsache ist derjenige Körper, auf welchen die Bewegung eines andern Körpers bezogen wird, entweder ruhend, oder bewegt, und ihre beiderseitige Bewegung ist wiederum entweder geradlinig oder krummlinig in verschiedenem Wechsel sowohl des einen als auch des andern. Bewegen sich beide geradlinig und gleichförmig, so ist die Bewegung eines jeden in Beziehung auf den andern gleichfalls geradlinig und gleichförmig, und läſst sich leicht geometrisch construiren; auch ist dieses nicht schwierig, wenn beide eine krummlinige Bahn beschreiben. Um Letzteres unter den vielen möglichen Fällen nur an einem zu zeigen, so bewege sich der eine Körper durch L, M, N, O, P, Q, R, und gleichzeitig ein anderer (das Auge des Beobachters) durch A, b, c, d, e, f, g; man verbinde die den proportionalen Räumen zugehörigen

Fig. 180.

Puncte bM, cN, dO, eP, fQ, gR, mache Aα gleich und parallel mit bM, Aβ mit cN; Aγ mit dO; Aδ mit eP; Aε mit fQ; Aξ mit gR, so ist die Linie $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \xi$ die Bahn, worin sich der Punct L relativ zu dem Puncte A zu bewegen scheint, wenn letzterer scheinbar ruhet[1].

Mit der absoluten und relativen Ruhe und Bewegung genau verbunden ist ein anderer Unterschied, wonach abermals beide entweder eigen oder gemeinschaftlich sind. Weil indefs die Bewegung jedes einzelnen Körpers nur an sich betrachtet werden mufs, so wird im Allgemeinen, ohne Rücksicht auf den Gegensatz der *eigenen Bewegung* (*motus proprius*, mouvement propre), hauptsächlich nur die *gemeinschaftliche Bewegung* (*motus communis*; mouvement commun; *common motion*) und die ihr entgegenstehende *gemeinschaftliche Ruhe* beachtet. Diese gemeinschaftliche Bewegung findet sehr häufig, und zwar zwischen solchen Körpern statt, welche in relativer Ruhe zu einander sind, z. B. die Himmelskörper, welche ihren relativen Ort zu einander nicht ändern, aber scheinbar sich um die Erde bewegen, oder Menschen, welche gegen die Erde in relativer Ruhe sich befindend ihre Bewegung um die Axe und im Weltraume theilen. Aehnliche Fälle z. B. eines Reuters und seines Pferdes, des Wagens und des Menschen, welcher darin fährt, und dergleichen mehr sind so gemein, dafs es unnöthig ist, mehrere nahmhaft zu machen, obgleich die Constructionen mancher Bewegungen, namentlich wenn ein Körper in der ihm hierdurch mitgetheilten Bewegung beharret, und dann einzeln durch eine neu hinzukommende Kraft *sollicitirt* wird, hierauf Rücksicht zu nehmen fordern. Indem dieses aber in den geeigneten Fällen geschehen wird, so würde es überflüssig seyn, hier weitläuftiger darüber zu handeln.

Noch ist aber bei den allgemeinen Untersuchungen über die Bewegung und ihre Gesetze ein Umstand wohl zu berücksichtigen. Ein bewegter Körper nämlich ist oft sehr grofs von Masse, und es ist zuweilen der Fall, dafs bei und während der Bewegung des Ganzen ein Theil zugleich eine roti-

1 Brandes Lehrb. II. 8.

rende Bewegung um eine willkührliche, innerhalb der Masse des Körpers liegende Axe hat, wie z. B. die Axendrehung der Erde während ihrer Bewegung im Weltraume, einer abgeschossenen Kugel oder Bombe beim Durchlaufen ihrer Bahn, eines Rades oder sonstiger gewälzter Körper. Hiernach mufs indefs die Bestimmung der Bahn ganz verschieden ausfallen, je nachdem man den einen oder den andern Theil des Körpers betrachtet. Um die hieraus entstehenden Ungewifsheiten zu vermeiden, und die allgemeinen Bewegungsgesetze übersichtlicher zu machen, wird bei der Feststellung derselben nur ein Punct als bewegt angenommen, welches in den meisten Fällen um so besser geschehen kann, als ohnehin bei den meisten mechanischen Gesetzen die ganze Schwere, und somit auch eigentlich die gesammte Masse in einem Puncte, nämlich dem Schwerpuncte, vereinigt gedacht wird.

Manche einzelne Bezeichnungen der Bewegung, z. B. Kreisbewegung, Cykloidalbewegung, abwechselnde Bewegung, wenn bei einer Maschine ein Theil (z. B. die Unruhe in einer Uhr, ein Feldgestänge u. dgl.) aus einer gehabten Bewegung durch eine kurze Ruhe in die entgegengesetzte übergeht, vibrirende oder vibratorische Bewegung, freiwillige oder gezwungene, innere oder äufsere Bewegung, automatische, thierische und Muskelbewegung, rechtläufige und rückläufige, tägliche, mittlere Bewegung und dergleichen mehr, sind entweder an sich verständlich, oder werden am gehörigen Orte erklärt, und bedürfen daher hier keiner speciellen Erörterung.

Bei der Bewegung im allgemeinen kommen zwar nicht jederzeit und nothwendig, doch aber sehr häufig folgende Stücke hauptsächlich in Betrachtung: 1. die Ursachen derselben: 2. die bewegte Masse: 3. die Richtung derselben: 4. der zurückgelegte Weg: 5. die Zeit, und aus der Vergleichung dieser beiden letzteren, 6. die Geschwindigkeit; 7. die Gröfse der Bewegung.

1. *Ursachen der Bewegung* giebt es so viele, dafs zur genaueren Uebersicht dieses Gegenstandes nothwendig zuvor einige Hauptbegriffe festzusetzen sind. Indem es hier der Ort nicht ist, das Wesen der Materie selbst genau

zu untersuchen, so läst sich als Resultat der bisherigen Forschungen bloſs *im allgemeinen* angeben, daſs die Materie, als solche, nach unserer Vorstellung die Ursachen der Bewegungen *nicht* enthält, sondern daſs diese als von ihr getrennt gedacht werden. Diesemnach kann die Materie sowohl ruhen, als auch sich bewegen, jenachdem irgend eine bewegende Ursache sie aus dem wilkührlichen Zustande der Ruhe oder Bewegung bringt, auch wird sie nach den nämlichen Grundsätzen in dem erhaltenen Zustande der Ruhe oder Bewegung unausgesetzt beharren, bis derselbe durch irgend eine Ursache wieder aufgehoben wird, welches man *Trägheit*[1] nennt. Obgleich man hiergegen mit Grunde einwenden kann, daſs es keine bekannte Materie giebt, welche sich nicht wirklich in Bewegung befände oder das Bestreben nach Bewegung allezeit sichtbar zeigte[2], so müssen wir doch hinsichtlich auf die mechanischen Bewegungsgesetze den aufgestellten Satz durchaus bestehen lassen, weil die Bewegung aus der Ruhe anfangend und durch fortgesetzte Abnahme wieder in dieselbe übergehend demonstrirt wird, hierbei auch, auſser der Schwere, oder Gravitation, keine *allgemeine*, die Körper zur Bewegung sollicitirende, Ursache in Betrachtung kommt, letztere aber in vielen Fällen als nicht vorhanden betrachtet, und von ihrer Wirkung abstrahirt wird. Alles dasjenige aber, was Bewegung hervorbringt, nennen wir *Kraft*, und bestimmen die Gröſse derselben meistens oder stets aus der Wirkung, welche sie hervorbringt. Indeſs kann auch hier abermals nicht zur Untersuchung kommen, weder was Kraft an sich sey, noch auch wie viele und wie mancherlei Arten der Kräfte es geben mag[3], indem es hier vielmehr genügt, im allgemeinen von dem Grundsatze auszugehen, daſs man bei der Aufsuchung der Bewegungsgesetze die Materie als das Ruhende anzusehen habe, wel-

---

1 S. *Trägheit.*

2 S. *Materie.*

3 S. *Kraft.*

ches durch die verschiedenen einwirkenden Kräfte in Bewegung gesetzt und erhalten wird[1].

Man kann die Bewegungen hervorbringenden Ursachen in *unmittelbar* und *mittelbar* wirkende abtheilen. Unter die ersteren gehört hauptsächlich die im Thier- und Pflanzenreiche thätige Lebenskraft als Ursache der mannigfaltigsten Bewegungen bei den Animalien und Vegetabilien, dann die allgemeine Anziehung in ihren Aeufserungen der Gravitation, Schwere, Adhäsion und Capillarität, der Krystallisation und chemischen Verwandtschaft, und endlich die Wärme als Ursache der Ausdehnung und Expansion. Man mufs zu den unmittelbar wirkenden Ursachen aber ausserdem noch diejenigen rechnen, welche ohne bestimmt angebrachtes Zwischenmittel oder ohne selbst erst durch eine andere Ursache bewegt zu seyn, Bewegung hervorbringen, als die Muskelkraft lebender Wesen, das Gewicht lebender und todter Körper, das Gewicht und der Stofs tropfbarer und expansibeler Flüssigkeiten, die Expansion der Dämpfe und dergleichen mehr. Unter die mittelbar wirkenden Ursachen der Bewegung gehören aber vor allen Dingen alle diejenigen Vorrichtungen bei den Maschinen (die sogenannten Mitteltheile) welche selbst deswegen in Bewegung gesetzt werden, um diese auf andere Körper fortzupflanzen, alle geworfene, geschleuderte oder überhaupt bewegte Massen, welche während dieser ihrer Bewegung auf andere Körper treffen, und diese wiederum in Bewegung versetzen, im Allgemeinen also auch die gesammte *Mittheilung* der Bewegung. Ohne hier auf eine ausführliche Erörterung dieses weitläuftigen Gegenstandes einzugehen, wird es genügen, die Sache durch eine specielle Beobachtung etwas zu erläutern.

Eine merkwürdige Art der Mittheilung der Bewegung nämlich wird wahrgenommen in dem gegenseitigen Einflusse anscheinend frei und von einander unabhängig bewegter

1 Die irrigen Ansichten, welche F. W. Sack in Geologie oder Betrachtung der Erde u. s. w. Breslau 1785. 8. vergl. Lichtenb. Mag. III. 2. 19 über die den Atomen eigenthümlichen bewegenden Kräfte aufstellt, verdienen keine ernste Widerlegung.

Körper, wie sich vorzüglich bei den Schwingungen neben-einander befindlicher Pendel zeigt. Auf diese schon frühzeitig und oft beobachteten Erscheinungen hat neuerdings insbesondere La Place[1] aufmerksam gemacht, und das Wichtigste darüber zusammengestellt. Schon Huygens erwähnt in seinem Horologio oscillatorio, dafs die Pendel zweier neben einander stehender Uhren einen gegenseitigen störenden Einfluſs ausüben, so daſs die Schwingungen des einen Pendels anfangen, wenn die des andern aufhören. Richtiger aber ist wohl das Ergebniſs der Beobachtungen eines Ungenannten[2], daſs sie in einer gleichbleibenden Zahl von Schwingungen zusammentreffen und sich wieder von einander entfernen. Am interessantesten sind die Versuche von Ellicot[3], welcher zwei Pendeluhren, jede in einem besondern Gehäuse, an die nämliche hölzerne Latte gelehnt, beobachtete. Würde das Pendel der einen in Bewegung gesetzt, so machte nach 16 Minuten das der andern so starke Schwingungen, daſs es das ganze Räderwerk bewegte, letztere aber vermochte nicht der ersteren eine gleichstarke Bewegung mitzutheilen. Stemmte er einen kurzen hölzernen Stab zwischen die zweite Uhr und die Latte, so wurde der Einfluſs sehr vermindert, waren aber beide auf diese Weise isolirt und durch einen seitwärts zwischen sie gesperrten Stab verbunden, so war der Einfluſs bedeutend stärker. Wenn die Pendel der Uhren kleine Bogen beschrieben, so brachten sie einander abwechselnd zum Stillstehen und in Bewegung, beschrieben sie aber groſse Bogen, so gingen sie überein, indem sie auf eine merkwürdige Weise ihre Ungleichheiten durch gegenseitige Beschleunigung und Verminderung ihres Ganges ausglichen. Auch Daniel Bernoulli[4] erzählt einen Fall ähnlicher Art, aber am genauesten ist die Erscheinung beobachtet durch Brequet's *Doppelchronometer*, welche vermittelst einer Kupferplatte auf einander wirkten, und zugleich zeigten, daſs die Luft dabei gar keinen Einfluſs hat.

1 Ann. de. Chim. et de Phys. III. 162. G. LVII. 229.
2 In Journ. des Savans. 1665. Mars. a. o. a. O.
3 Phil. Tr. 1741.
4 Com. Petr. 1777.

Indem sonach Bewegungen nicht blofs leicht mitgetheilt werden, sondern auch störend auf einander einwirken, und da es in vielen Fällen sehr wichtig ist, gewisse Bewegungen, wie namentlich die Schwingungen der Pendel ganz ohne Einflufs solcher Mittheilungen oder mindestens unter einem constanten zu erhalten[1], so ist das von W. Hardy erfundene, aufwärts gekehrte, *Federpendel* gewifs ein sehr nützlicher Apparat, um zu erforschen, ob irgend ein Gerüst durch seine Festigkeit gegen jede Mittheilung der Bewegung hinlänglich gesichert sey, und da es als eigentliches Pendel zur Zeitmessung schwerlich geeignet seyn möchte, so wird seine Beschreibung hier nicht am unrechten Orte stehen[2]. Das Ganze der Einrichtung ist aus der Zeichnung leicht zu erkennen, a,a ist nämlich die Bodenplatte des Instrumentes, welche nach Angabe der beiden Libellen b,b vermittelst der Stellschrauben c,c,c horizontal gestellt wird, d ist ein Träger, oben mit einem Arme, woran die in Grade des Kreises getheilte elfenbeinerne Scale festsitzt, an deren beiden Enden zwei Stifte f,f die Spitze der Kugel gegen ein weiteres Herabsinken schützen. Die messingne Bodenplatte g nimmt die flache Stahlfeder h auf, welche die Pendelstange i trägt. Diese ist cylindrisch, und oben mit einem Gewinde versehen, um vermittelst der Schraube m die Kugel l höher oder niedriger zu stellen, wodurch der Apparat mehr oder weniger empfindlich wird. Eine Glasglocke schützt gegen Staub und Luftzug, und man begreift leicht, dafs

Fig. 181.

1 Astronomische Pendeluhren haben leicht einen unregelmäfsigen Gang, wenn sie nicht völlig unbeweglich festgemacht sind, indem dann die Schwingungen des Pendels und die unmerklichen des Körpers der Uhr störend auf einander wirken. Aber auch dann, wenn sie an einem elastischen Brette befestigt sind, theilen sie diesem nach La Place a. a. O. geringe Oscillationen mit, welche auf das Pendel wieder zurückwirken. Ueberhaupt dürfte es wohl unmöglich seyn, sie auf eine solche Art zu befestigen, dafs dergleichen Mittheilungen der Bewegung gar nicht stattfinden, und die Aufgabe kann also nur die seyn, zur Erhaltung eines unveränderlichen Ganges sie so genau zu befestigen, dafs der unvermeidliche störende Einflufs eine constante Gröfse wird, und somit corrigirt werden kann.

2 G. LXXV. 389.

ein so feiner Apparat jede mitgetheilte Bewegung oder Erschütterung durch gröfsere oder kleinere Schwingungen anzeigen mufs.

Eine höchst merkwürdige Art von Mittheilung der Bewegung zeigt die eben so interessante als wichtige Maschine, welche die Umdrehung der Erde um ihre Axe und die Lage ihrer Pole bei ihrer Bewegung im Weltraume zu versinnlichen dient. Wegen dieser ihrer eigentlichen Bestimmung kann dieselbe indefs hier nicht beschrieben werden[1], und es genügt nur zu bemerken, dafs die um ihre Axe schnell rotirende Kugel, welche die Erde vorstellt, die genau balancirten Ringe, in denen sie leicht beweglich schwebt, je nach der Neigung dieser Ringe gegen den Horizont und der Lage ihres Schwerpuncts gleichfalls in regelmäfsige drehende Bewegung versetzt.

Gelegentlich können hier auch die vielen Bemühungen erwähnt werden, welche man darauf verwandt hat, die Bewegung irgend eines Körpers zugleich als die Ursache der ununterbrochenen Fortdauer, dieser oder einer andern Bewegung zu benutzen, oder ein sogenanntes perpetuum mobile zu erfinden. Indefs verdient dieser Gegenstand eine nähere Betrachtung, welche am gehörigen Orte angestellt werden wird[2].

2. Die *zu bewegende* oder *bewegte Masse* kommt in zwiefacher Rücksicht in Betrachtung, zuerst wenn die bewegende Kraft gesucht wird, insofern diese zu der zu bewegenden Masse und der erforderlichen Geschwindigkeit jederzeit in einem gewissen Verhältnisse stehen mufs, und zweitens wenn die Gröfse der Bewegung zu bestimmen ist, welche als das Product der Masse und der Geschwindigkeit berechnet wird. Oft heifst sie namentlich bei den Maschinen, auch die *Last*, die zu wältigende Last, und besteht in den meisten Fällen aus der Summe der schweren Theile, welche den zu bewegenden Körper bilden, wie diese meistens durch das absolute Gewicht desselben ausgedrückt wird, oder ausgedrückt werden

---

1 S. *Erde*.

2 S. *Selbstbewegung*.

kann. Meistentheils kommt bloſs dieses in Betrachtung, zuweilen aber auch das Volumen, in welchem die schweren Theilchen des Körpers vereinigt sind, also auch das spec. Gewicht, namentlich z. B., wenn derselbe in einem widerstehenden Mittel bewegt wird.

3. Die *Richtung* der Bewegung wird allezeit durch eine geometrische Linie ausgedrückt, weil man entweder einen bloſsen Punct als in der Bewegung befindlich betrachtet, oder bei einem bewegten Körper die Richtung nach derjenigen Linie bestimmt, welche sein Schwerpunct durchläuft. Letzteres findet zwar am wenigsten in denjenigen Fällen statt, in denen die Bewegung der Körper um eine feste oder gleichfalls bewegte Axe betrachtet wird, z. B. der Schwungräder, der Wagenräder, der Treträder und Tretscheiben, der Räder mit Zähnen und Getriebe, der Kurbeln, der excentrischen Scheiben u. dgl. m., allein auch in diesen Fällen pflegt man meistens nur die Bewegung eines einzelnen Punctes, z. B. des Schwerpunctes, oder eines sonstigen, etwa in der Peripherie oder in der Axe liegenden, um welche der rotirende Körper sich dreht, bei den im Raume bewegten Körpern aber, namentlich den Himmelskörpern, nur ihr Centrum besonders zu berücksichtigen. Im Allgemeinen ist dann die Richtung des bewegten Körpers entweder geradlinig oder krummlinig. Die *geradlinige* Bewegung ist bei weitem die einfachste, und wird, wie die geometrische Linie, durch zwei Puncte gegeben, welche zugleich die Richtung der Bewegung des Körpers und der einfachen ihn bewegenden Kraft bestimmen. Der *krummlinigen* Bewegungen giebt es dagegen eine Menge Arten, weil eine jede krumme Linie zugleich auch als die Bahn eines bewegten Körpers angesehen werden kann. Es versteht sich indeſs von selbst, daſs man zu den verschiedenen Curven nicht die Bewegungen sucht, sondern unter den letzteren nur diejenigen näher betrachtet, welche an sich der Untersuchung werth sind, und die gefundene Bahn dann auf die geeignete Curve zurückführt. Auch die Bestimmung der krummen Bahnen bewegter Körper geschieht mit Rücksicht auf die bewegenden Ursachen oder Kräfte,

jedoch mit dem Unterschiede, dafs diese letzteren nicht wie jene erstere durch eine einzige Kraft und deren Richtung gegeben seyn können, sondern dafs mindestens zwei auf den Körper wirken müssen, worunter auch der Fall gehört, wenn ein schon bewegter, also durch irgend eine Ursache in Bewegung gesetzter, und in derselben beharrender Körper dann durch noch eine stetig wirkende Kraft sollicitirt wird, wie dieses z. B. bei den bewegten Himmelskörpern der allgemeinen Ansicht nach statt findet.

4. Der *Raum*, welchen ein Körper bei seiner Bewegung durchläuft, ist die Entfernung desjenigen Ortes, welchen er früher einnahm, von demjenigen, an welchem er sich später befindet. Er ist ein Gegenstand der Messung, und wird hierdurch ungleich an Gröfse, vom kleinsten bis zum gröfsten gefunden. Ferner ist derselbe ein *absoluter*, wenn man ihn ohne Rücksicht auf irgend ein Verhältnifs durch ein willkührliches Mafs ausdrückt, oder ein *relativer*, wenn man ihn mit einem andern gegebenen an sich oder mit Rücksicht auf die Zeitdauer der Bewegung vergleicht. Jener kann weder grofs noch klein genannt werden, dieser aber allerdings[1]. Dafs jeder Körper, wenn er von einem Orte zum andern bewegt wird, sey es in absoluter oder relativer, wirklicher oder scheinbarer Bewegung, alle Theile des zwischenliegenden Raumes, oder diesen selbst ganz durchlaufen müsse, hat Euler[2] gezeigt. Jede Bewegung setzt daher einen successiven oder stetigen Wechsel des Ortes voraus, indem sonst der Körper an demjenigen Orte, welchen er vorher einnahm, vernichtet, und an demjenigen, welchen er nachher inne hat, wieder neu hervorgebracht werden müfste, wenn er den zwischenliegenden Raum nicht successiv durchlaufen sollte. Fries[3] hat daher nicht ohne einen triftigen Grund den Ausdruck: *stetig*, als nothwendigen Beisatz der Veränderung des Ortes mit in die Definition der Bewegung aufgenommen, welchem

---

1 S. *Raum.*

2 Mechanica. I. 5.

3 S. *oben im Anfange.*

allein im Wege steht, dafs dieser Beisatz eigentlich schon im Begriffe der Veränderung enthalten ist, eine Definition aber so kurz wie möglich seyn mufs.

5. Aus dem eben Gesagten, und somit aus dem Begriffe der Bewegung überhaupt, folgt nothwendig, dafs sie eine gewisse *Zeit* erfordern und nicht instantar seyn könne, eben weil jede Bewegung etwas Successives ist, und der Begriff des Successiven den der Zeit nothwendig einschliefst. So wie aber der Raum vom gröfsten bis zum kleinsten abnehmen kann, eben so ist dieses auch mit der Zeit, beide können ferner so grofs und so klein werden, dafs sie kein Gegenstand der wirklichen Messung mehr sind, und zwar auch in der Art, dafs für eine gegebene mefsbare Zeit der durchlaufene Raum, und für einen gegebenen mefsbaren Raum die erforderliche Zeit den Mitteln der Messung entschwindet, wie z. B. der Weg, welchen der allerdings bewegte Stundenzeiger einer Uhr binnen einer Secunde zurücklegt, mindestens ohne künstliche Mittel nicht gemessen werden kann, noch auch die Zeit, binnen welcher das Licht irdische Räume durchläuft. Die Geometrie giebt indefs Ausdrücke sowohl für die gröfsten als auch für die kleinsten Zeiten und Räume, so lange beide noch endliche Gröfsen sind; werden sie aber unendlich, entweder grofs oder klein, so hören sie überall auf Gegenstände der Messung, der Bestimmung oder der Vergleichung zu werden. Hiernach läfst sich leicht der bekannte Trugschlufs des alten Sophisten Zeno von Elea wiederlegen, welcher beweisen wollte, Achilles und eine Schildkröte liefen gleich schnell, weil beide in einem unendlich kleinen Theilchen der Zeit ein unendlich kleines Theilchen des Raumes zurücklegten[1]. Der Irrthum hiervon liegt darin, dafs unendlich kleine Theilchen zugleich ein Verhältnifs der Zahl (bei beiden Geschwindigkeiten gleichviel) gegeben wird. So lange nämlich bei beiden genannten Bewegungen der Raum und die Zeit (dem blofsen Begriffe nach) *in unendlich kleine* Theile ge-

---

1 Aristot. Phys. VI. 9. vergl. Tennemann Geschichte d. Philosophie I. 199.

theilt werden, ist aus dem angegebenen Grunde durchaus keine Messung und somit auch keine Vergleichung zulässig, sobald letztere aber statt finden soll, müssen die Grössen messbar, also endlich seyn, und dann findet für gleiche, auch noch so kleine, Zeittheilchen stets das ursprüngliche Verhältniss der zugehörigen Räume beider Bewegungen statt. Auch die Zeit wird gemessen, und zwar nach verschiedenen Massen, welche einzeln namhaft zu machen überflüssig seyn würde, indem man sich ohnehin fast ausschliesslich der Tage und ihrer Theile nach Sonnenzeit oder Sternenzeit hierzu bedient, und ist hiernach gleichfalls entweder eine absolute, insofern man sie durch irgend ein solches bekanntes Mass ausdrückt, oder eine relative, wenn man sie mit einer andern mehr oder minder genau bekannten vergleicht[1].

6. Aus der Vergleichung der Zeiten und der in ihnen durchlaufenen Räume entsteht von selbst der Begriff der *Geschwindigkeit*, welche also eigentlich nicht als etwas durch sich selbst Bestehendes bei der Bewegung anzusehen ist. Indess muss sie doch besonders betrachtet werden, obgleich sie nicht, wie ihre beiden eben genannten Bedingungen, absolut, sondern allezeit nur relativ ist[2], als solche aber vor der kleinsten bis zur grössten wächst, nur gleichfalls nicht im strengsten Sinne des Wortes unendlich werden kann, wenn sie messbar bleiben soll. So ist die Bewegung einer Schnecke schnell gegen die eines wachsenden Keimes, aber langsam gegen den gewöhnlichen Gang eines Menschen, dieser gegen den Flug eines Vogels, dieser gegen den einer Kanonenkugel, dieser gegen die Bewegung der Erde um die Sonne, diese gegen die Fortpflanzung des Lichtes und, wer weiss, ob beide hier genannte Extreme nicht noch von andern übertroffen werden[3].

7. Die Grösse der Bewegung endlich (*quantitas motus;* quantité de mouvement; *quantity of mo-*

1 S. *Zeit.*

2 Biot Traité. III. 148. Il n'y a rien en soi de lent ou de rapide.

3 S. *Geschwindigkeit.*

tion) ist diejenige Gewalt, welche ein bewegter Körper durch die ihm mitgetheilte Bewegung gegen andere ruhende oder bewegte Körper wieder auszuüben im Stande ist. Ein bewegter Körper wird sonach wieder eine bewegende Ursache, wie unter Nro. 1. schon angedeutet ist. Man begreift übrigens bald, und es folgt aus dem Erfordernifs einer gröfseren Kraft zur Bewegung einer gröfseren Masse so ziemlich von selbst, dafs die Gröfse der Bewegung im geraden Verhältnisse der Masse und der Geschwindigkeit zunehmen müsse. Der geometrische Ausdruck zur Bezeichnung der Quantitas Motus, oder der Gröfse der Bewegung ist übrigens, wenn man diese für verschiedene Körper von den Massen m und m′, und den Geschwindigkeiten v und v′ durch q und q′ bezeichnet

$$q : q' = m v : m' v'.$$

Für alle nicht beschleunigende Kräfte, deren Wirkung also augenblicklich ist, dient die Gröfse der Bewegung als Mafs, und es wird dieselbe Kraft gegen alle Körper die nämliche Gröfse der Bewegung ausüben, dadurch aber Geschwindigkeiten hervorbringen, welche den Massen der bewegten Körper umgekehrt proportional sind. Würde also irgend eine Kraft einer Masse m die Geschwindigkeit v mittheilen, so ist die, einem andern Körper von der Masse M mitgetheilte Geschwindigkeit $v' = \frac{v m}{M}$. Uebrigens heifst die Kraft, welche eine gegebene Masse von gegebener Geschwindigkeit in Erzeugung der Bewegung ausübt, auch das mechanische Moment[1].

Bisher sind diejenigen Stücke, welche bei der Bewegung in Betrachtung kommen, nur einzeln und in gänzlicher Allgemeinheit untersucht, die Gesetze der Bewegung können aber nur dann vollständiger vorgetragen werden, wenn man mehrere mit einander verbindet. Ehe dieses aber genügend geschehen kann, müssen erst folgende Betrachtungen vorausgehen.

---

1 Ueber den Streit unter den Geometern, deren einige die *quantitas motus* der einfachen Potenz der Geschwindigkeit, andere dagegen dem Quadrate derselben proportional setzen wollten. S. *Stofs*.

Da es bei jeder Untersuchung einer Bewegung darauf ankommt, denjenigen *Ort* zu bestimmen, wo sich der bewegte Körper zu irgend einer gegebenen Zeit im Raume befindet, so mufs die Geometrie die Mittel zur Bestimmung dieser Oerter angeben. Bewegt sich also der Körper in einer geraden Linie, so ist diese selbst die Ordinate, vermittelst welcher seine Bewegung bestimmt werden kann, bewegt er sich aber in einer Ebene, so sind zwei Ordinaten erforderlich, um die Lage derselben, und also auch eines in ihr bewegten Punctes zu bezeichnen, bewegt er sich aber im Raume, so sind drei Ordinaten erforderlich, deren Axen rechtwinkelig oder schiefwinkelig auf einander gerichtet seyn können. Indem alle drei Fälle füglich aus dem letzteren allein erkannt werden können, so seyen X; Y und Z die von C ausgehenden, rechtwinklig zusammengefügten Ordinatenaxen. Nimmt man auf diesen die Ordinaten x; y und z, so ist E der Punct im Raume, wo sich diesemnach der Körper befinden mufs. Leichter ist es in den meisten Fällen, aus zwei Coordinaten eine Ebene zu construiren und in derselben oder über ihr den Ort des Körpers zu bestimmen[1]. Fig. 182.

A. Bewegende Kräfte.

Um die Bewegungsgesetze eines Punctes oder eines Körpers kennen zu lernen müssen vor allen Dingen die ihn sollicitirenden Kräfte berücksichtigt werden, deren Richtung und Gröfse die Bahn und Geschwindigkeit desselben bestimmen. Ein absolutes Mafs der Kräfte giebt es indefs nicht, sondern man kann dieselben blofs unter sich, oder mit andern, aus ihrer Wirkung bekannten, vergleichen, und dann ihre Gröfse durch das Verhältnifs der Zahlen oder der Linien ausdrücken. Sind unter diesen Kräften zwei gleiche nach entgegengesetzten Richtungen wirkend, so heben sie sich einander auf, und der Körper bleibt ruhend; sind sie aber ungleich, so folgt er der stärkeren im Verhältnisse ihres Unterschiedes gegen die andere. Indem aber sonach entgegesetzte Kräfte sich um gleiche Theile aufheben, so kann man

1 Brandes Lehrb. II. 1.

außer den gegebenen bewegenden Kräften jederzeit noch eine willkührliche Menge solcher annehmen, die sich gegenseitig aufheben. Ferner wirken die sämmtlichen Kräfte entweder auf *einen* oder auf mehrere Puncte des Körpers, welche dann entweder der Einwirkung derselben frei folgen können, oder durch einen unüberwindlichen Widerstand hieran gehindert werden. Im letzteren Falle wird der Punct oder Körper entweder gegen den widerstehenden Körper bloß drücken, oder auf demselben hin bewegt werden, oder endlich um denselben eine drehende Bewegung annehmen.

Wird also ein Körper durch mehrere Kräfte bewegt, so kann er nicht einer allein folgen, mithin auch seine Bahn nicht durch die Richtung der einen dieser Kräfte allein gegeben seyn, wenn nicht von zwei entgegengesetzten Kräften nur ein aliquoter Theil der einen, als Differenz beider, mithin als eine einzige auf den Körper wirkende übrig bleibt. Bilden also die Richtungen zweier Kräfte mit einander einen Winkel, so kann dieser von 0° bis 180° wachsen. Im ersten Falle werden sie einander gar nicht aufheben, im zweiten dagegen um ihre ganzen Größen, und so muß also jeder zwischenliegende Winkel das Verhältniß angeben, in welchem beide Kräfte die Richtung der Bahn des durch sie sollicitirten Punctes bedingen, indem es unmöglich ist, daß er einer von beiden allein oder keiner folgen sollte, weil im ersten Falle die eine Kraft = 0, im letzteren beide Kräfte, jede einzeln, = 0 seyn müßten, welches gegen die Voraussetzung ist. Im Allgemeinen nennt man die durch eine einzige Kraft hervorgebrachte Bewegung eine einfache (*motus simplex;* mouvement simple; *simple motion*), die durch mehrere erzeugte eine zusammengesetzte[1]

---

1 Es ist bei genauer Bestimmung der Begriffe unrichtig, die durch zusammenwirkende Kräfte entstandene Bewegung gleichfalls eine zusammengesetzte zu nennen, indem die Bewegung eines Punctes allezeit nur einfach seyn kann, ja sogar, wenn man die nach verschiedenen Richtungen gehenden Bewegungen desselben vereinigen wollte, dieses nur eine (aus verschiedenen Stücken) zusammengesetzte *Bahn* seyn könnte. Im Texte ist also nur der Sprachgebrauch vieler Schriftsteller beibehalten. Eine eigentliche zusammengesetzte Bewegung dagegen kann man

(*motus compositus;* mouvement composé; *compound motion*), die beiden Kräfte, die Zusammenwirkenden (*componentes;* composantes; *composing*) und erhält durch ihre Zusammensetzung (*compositio;* composition; *composition*) die Resultirende (la resultante). Letztere giebt das Parallelogramm der Kräfte, wobei es genügt, die Untersuchung vorläufig nur auf zwei Kräfte zu beschränken, indem bei mehreren so lange die resultirende von zweien gesucht, und statt dieser letzteren substituirt werden kann, bis sie endlich auf zwei zurückgebracht sind[2].

Berücksichtigt man demnach bloſs die Hauptresultate, ohne in das Einzelne der oft weitläuftigen Beweise einzugehen, so kommen hauptsächlich folgende Fälle in Betrachtung.

1. Werden die beiden, auf den Punct m zusammenwirkenden Kräfte hinsichtlich ihrer Richtung und Stärke durch die Linien mp, mp' ausgedrückt, so beschreibt man das Parallelogramm der Kräfte mpdp' und findet md als die Resultirende entweder unmittelbar durch Construction oder analytisch, wenn allgemein die zusammenwirkenden Kräfte Fig. 183.

---

diejenige nennen, wenn ein Körper zweien von einander unabhängigen Bewegungen zugleich folgt, z. B. eine um ihre Axe rotirende und im Raum bewegte Kugel.

2 Das Problem des Parallelogramm's der Kräfte findet man in allen allgemeinen Lehrbüchern der Mechanik abgehandelt. Den Beweis desselben hat man auf verschiedene Weise, mit mehr oder minderem Aufwande geometrischer Kunstgriffe versucht, wovon man eine sehr vollständige Uebersicht in zwei Preisschriften findet, nämlich: Praecipuorum inde a Newtono conatuum, compositionem virium demonstrandi, Recensio. Auct. Car. Jacobi. Gott. 1817. 4. und: Demonstrationum compos. virium expositio cet. Auct. J. H. Westphal. Gott. 1817. 4. Die vorzüglichsten sind von Dan. Bernoulli in Comm. Pet. 1728. I. 120; von d'Alembert in Traité de Dynamique. à Paris 1748. 4. p. 22 ferner in Opuscules math. I. 169. VI. 306. und in Mém. de l'Ac. 1769. p. 278; von Eytelwein in Stat. u. Mech. fester Körper. I. 7. vergl. G. XVIII. 181 von Laplace in Mech. d. Him. I. 2 nebst Zusatz von Burckhardt; hauptsächlich von Poisson in Traité de Méc. I. 6 und einer der leichtesten und bekanntesten von Duchayla in Correspondance de l'Ecole polytech. I. 83. Ihm folgen die meisten, z. B. Francoeur Traité de Méc. I. 11. Boucharlat Elem. de Méc. p. 7. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärt. Zustande. Wien 1824. I. 38 u. a.

p, p', der eingeschlossene Winkel a, die Resultirende R genannt wird:

$$R = \sqrt{(p^2 + p'^2 + 2\,p\,p' \cos. \alpha)}.$$

Fig. 184. 2. Sind mehrere zusammenwirkende Kräfte zu vereinigen, so seyen diese p, p', p'' p'''.... man zeichne das Parallelogramm von p und p', und finde ihre Resultirende m r = r; ziehe der p'' parallel r r' und finde die resultirende m r' = r', ziehe der m p''' parallel r' r'' und finde die resultirende m r'' = r''..... so findet man durch ein solches fortgesetztes Verfahren r'' als Resultirende von n + 1 Zusammenwirkenden = p, p', p''.... p^{n+1}.

Beide hier erläuterte Sätze, wobei vorausgesetzt wird, dafs die zusammenwirkenden Kräfte in einer Ebene liegen, hat man durch verschiedene Maschinen anschaulich machen und auch beweisen wollen. Letzteres ist insofern unzulässig, als die geometrische Construction die Sache ungleich schärfer darthut; des Geschichtlichen wegen mögen die hauptsächlichsten indefs hier kurz erwähnt werden. Für zwei Kräfte hat Fig. 185. Nollet[1] zwei Maschinen angegeben. Die eine, wohl die sinnreichste und instructivste, besteht aus zwei Hämmerchen a, a, welche an den in Charnieren drehbaren Rahmen so gerichtet werden können, dafs sie einen Winkel von 0° bis 180° mit einander bilden, und indem sie, in irgend einen derselben gerichtet, aufgehoben und gleichzeitig losgelassen werden, gemeinschaftlich die Kugel m treffen, und diese, auf einem kleinen Billard liegend in der Diagonale ihrer gemeinschaftlichen Richtung fortstofsen. Die andere besteht Fig. 186. aus einem Brette A B C D, an welchem in J ein Faden befestigt ist, an dessen anderem Ende das Gewicht m über die verschiebbare Rolle G herabhängt. Bewegt man die letztere von G nach J, so wird das Gewicht m nach der Richtung G F und G J sollicitirt, und bewegt sich also in der Diagonale m p. Eine der bekanntesten ist die Eberhard'sche Diagonalmaschine[2]. Fig. 187. Sie besteht aus einer Tafel mit einer Walze E, um welche ein Faden mit dem Gewichte m gewickelt ist. So wie diese auf dem Rande der Tafel sich hinwälzt, folgt das Gewicht theils dieser Bewegung, theils der Schwere in

1 Leçons de Physique experimentale. à Paris 1743. II. 24.

2 Erste Gründe d. Naturlehre. Halle 1767. 8. §. 64.

den Richtungen mb, ma, und gelangt somit nach p. Die von s'Gravesande[1] vorgeschlagene Maschine erläutert die Zusammensetzung mehrerer Kräfte. An dem horizontalen, Fig. auf einem geeigneten Stative ruhenden Rahmen MNPQ 188. sind willkührlich viele Rollen angebracht, über welche die ungleichen Gewichte p, p', p'', p'''..... an Schnüren herabhängen, welche sich sämmtlich im Puncte m vereinigen, und als Kräfte gedacht diesen sollicitiren. Kennt man die Gewichte, und die Winkel, welche die Schnüre mit einander machen, so läfst sich der Ort angeben, welchen der Punct m einnehmen wird.

3. Liegen die willkührlich vielen zusammenwirkenden Kräfte in einer Ebene, so kann man durch ein ähnliches Verfahren die Resultirende finden, und durch ein umgekehrtes diese wieder in ihre Zusammenwirkenden (composantes) zerlegen. Heifst nämlich im rechtwinkligen Dreieck ACB Fig. der Winkel bei A, α, der bei B, β, und AB, p, so ist 189. $AC = p . \text{Cos.}\, \alpha$ und $BC = p . \text{Cos.}\, \beta$, wodurch die Linie $AB = p$ in ihre Zusammensetzenden zerlegt ist. Sind Fig. diesemnach $mp = p$, $mp' = p'$, $mp'' = p''$..... gegeben, 190. und zieht man die Axen mx, my, nennt die Winkel, welche sie mit jener machen $\alpha, \alpha', \alpha''$....mit dieser β, β', β''...., so sind die Linien p, p', p''..... die Resultirenden in Beziehung auf x von

$$p . \text{Cos.}\, \alpha,\ p' . \text{Cos.}\, \alpha',\ p'' . \text{Cos.}\, \alpha'' \ldots.$$

und in Beziehung auf y von

$$p . \text{Cos.}\, \beta,\ p' . \text{Cos.}\, \beta',\ p'' . \text{Cos.}\, \beta'' \ldots.$$

Nimmt man sie sämmtlich zusammen, und nennt

$$p . \text{Cos.}\, \alpha + p' . \text{Cos.}\, \alpha' + p'' . \text{Cos.}\, \alpha'' + p''' . \text{Cos.}\, \alpha''' + \ldots = X$$

$$p . \text{Cos.}\, \beta + p' . \text{Cos.}\, \beta' + p'' . \text{Cos.}\, \beta'' + p''' . \text{Cos.}\, \beta''' + \ldots = Y$$

nennt dann R die Resultirende derselben, so ist $X^2 + Y^2 = R^2$ oder $\sqrt{X^2 + Y^2} = R$.

Dieses läfst sich ohne Schwierigkeit auf diejenigen Fälle anwenden, in denen die Kräfte gröfsere Winkel als 90° mit x und y machen, indem dann nur die gehörigen positiven und negativen Zeichen der Cosinus zu beobachten sind. Nennt man ferner den Winkel, welchen die Resultirende mit der

1 Phys. Elem. math. I. 64.

Coordinatenaxe x macht = a, und mit der y = b, so ist X = R. Cos. a und Y = R. Cos. b, woraus Cos. a $= \frac{X}{R}$ und

Cos. b $= \frac{Y}{R}$ erhalten wird. Es folgt hieraus also von selbst, daſs wenn p, p′, p″... desgleichen die Winkel mit x und y gegeben sind, die Resultirende R gefunden werden kann.

Sollen alle Kräfte im Gleichgewichte seyn, so ist R = 0, also auch $X^2 + Y^2 = 0$, welches zugleich X = 0 und Y = 0 voraussetzt. Wäre X allein = 0, so wäre R = Y, Cos. a = 0, Cos. b = 1 und der Punct m müſste sich in der Richtung der Axe y allein bewegen.

Durch ein umgekehrtes Verfahren kann man jede bewegende Kraft als die Resultirende einer willkührlichen Anzahl in einer Ebene liegender Kräfte ansehen, indem man sie entweder in zwei zusammenwirkende zerlegt (das Umgekehrte von 1) und von diesen eine jede wieder in zwei (das Umgekehrte von 2), oder indem man (nach 3) sie = R nennt, und dann die Werthe für p, p′, p″....; Cos. α, Cos. α'... und Cos. β, Cos. β'... bestimmt.

4. Liegen die sollicitirenden Kräfte nicht in einer Ebene, sondern im Raume, so kann man die Resultirende auf folgende Weise finden. Von dem zu bewegenden Puncte m aus ziehe man die drei Coordinatenaxen mx, my, mz. Wirken dann die Kräfte mb, bc, cd mit diesen parallel, so ist md die Resultirende. Heiſsen dann die einzelnen wirkenden Kräfte p, p′, p″,......; die Winkel, welche diese mit den Ordinatenaxen machen $\alpha, \beta, \gamma; \alpha', \beta' \gamma'; \alpha'', \beta'', \gamma''$......; so giebt die Zerlegung der Kräfte wie vorher p. Cos. α, p. Cos. β, p. Cos. γ

Fig. 191.

$$\begin{array}{lll} p.\ Cos.\ \alpha, & p.\ Cos.\ \beta, & p.\ Cos.\ \gamma \\ p'.\ Cos.\ \alpha', & p'.\ Cos.\ \beta', & p'.\ Cos.\ \gamma' \\ p''.\ Cos.\ \alpha'', & p''.\ Cos.\ \beta'', & p''.\ Cos.\ \gamma'' \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{array}$$

Es sind aber auf gleiche Weise

$$p.\ Cos.\ \alpha + p'.\ Cos.\ \alpha' + p''.\ Cos.\ \alpha'' + \ldots = X$$
$$p.\ Cos.\ \beta + p'.\ Cos.\ \beta' + p''.\ Cos.\ \beta'' + \ldots = Y$$
$$p.\ Cos.\ \gamma + p'.\ Cos.\ \gamma' + p''.\ Cos.\ \gamma'' + \ldots = Z$$

und sonach $X^2 + Y^2 + Z^2 = R^2$, also die Resultirende $R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$. Heifsen dann die Winkel, welche die Resultirende mit den Coordinatenaxen macht a, b, c, so ist wiederum $X = R.\text{Cos}.\, a$, $Y = R.\text{Cos}.\, b$, $Z = R.\text{Cos}.\, c$, wodurch die zusammenwirkenden aus der Resultirenden gefunden werden. Dieses giebt wiederum

$$\text{Cos}.\, a = \frac{X}{R},\ \text{Cos}.\, b = \frac{Y}{R},\ \text{Cos}.\, c = \frac{Z}{R}.$$

Für den Zustand des Gleichgewichts aber ist $X^2 + Y^2 + Z^2 = 0$, welches voraussetzt, dafs auch $X = 0$, $Y = 0$ und $Z = 0$ sey.

Indem hiernach alle Kräfte auf drei rechtwinklige Coordinaten X, Y, Z zurückgeführt sind, so ist die Resultirende R die Diagonale eines Parallelopipedums von den Seiten X, Y, Z, und es mufs also die Resultirende AD durch die Puncte A und D gehen, wovon die Coordinaten des ersteren $= X, Y, Z$ sind.

Um die Sache allgemein darzustellen, seyen für den Angriffspunct A die Coordinaten x', y', z', so sind sie für den Punct D: Fig. 192.

$$x' + X;\ y' + Y;\ z + Z.$$

Hiernach ist also die Resultirende eine gerade Linie, deren Gleichung ist

$$z = ax + b,\ z = a'y + b \ldots.$$

und wenn man hierin statt x, y, z die Ordinaten des Punctes D setzt:

$$z' + Z = ax' + aX + b,\ z' + Z = a'y' + a'Y + b' \ldots.$$

Weil aber die Coordinaten x', y', z' für den Punct A der Gleichung auch genügen müssen, so erhält man:

$$z' = ax' + b,\ z' = a'y' + b' \ldots..$$

Letztere von ersterer abgezogen giebt

$$Z = aX,\ Z = a'Y,\ \text{also } a = \frac{Z}{X},\ a' = \frac{Z}{Y}.$$

Wird auch b und b' eliminirt, so erhält man

$$z - z' = a(x - x'),\ z - z' = a'(y - y')$$

und hierin für a und a' substituirt giebt für die Gleichung der Resultirenden

$$z - z' = \frac{Z}{X}(x - x'),\ z - z' = \frac{Z}{Y}(y - y').$$

5. Wirken zwei Kräfte parallel, so findet man die Resultirende auf folgende Weise. Es seyen die beiden parallelen, auf die Enden der geraden Linie AB wirkenden Kräfte P, Q durch die Linien AP, BQ vorgestellt. Man setze die beiden gleichen und entgegengesetzten (mithin einander aufhebenden) Kräfte AM, BN hinzu, construire die Resultirenden AD, BJ, und verlängere sie rückwärts, bis sie sich in C schneiden. Von hieraus construire man CE = AD, CF = BJ, welche von selbst in die Kräfte CK, KF, CL, LE zerfallen, unter denen KF, LE einander aufheben, und indem CL = AP = P; CK = BQ = Q sind, und in gleicher Richtung auf C wirken, so stellen sie die Wirkung dieser Kräfte dar. Es ist aber die Resultirende R = P + Q. Ferner ist

Fig. 193.

$$CO : AO = CL : EL$$
$$OB : CO = KF : CK$$
$$\overline{OB : AO = CL . KF : EL . CK}$$

und da EL = KF = AM = BN

$$OB : AO = P : Q.$$

Der Angriffspunct O der Resultirenden der Kräfte P und Q theilt somit die gerade Linie AB in zwei, den Intensitäten der Kräfte proportionale Theile.

Es ist ferner

$$OB + OA : OA = P + Q : Q$$
$$AB : OA = R : Q$$

Eben so ist

$$AB : BO = R : P$$

woraus $P = \frac{R.BO}{AB}$ und $Q = \frac{R.AO}{AB}$ folgt.

Fig. 194.

Wirken die Kräfte schief auf den Körper, so ändert dieses die Construction nicht; denn ist O der Angriffspunct der Resultirenden, und zieht man durch diesen die lothrechte Linie CD auf P und Q, so ist AO : BO = CO : DO. Wirkt aber eine der Kräfte in entgegengesetzter Richtung, so ist die Resultirende der Differenz derselben gleich. Denn es sey S die Resultirende der beiden Kräfte P und R, so ist S = P + R. Ist dann Q = S, so ist R = Q — P. Nimmt man ferner das so eben gefundene Verhältniſs

Fig. 195.

$$AB : BO = R : P,$$

so ist für R substituirt

$$BO = \frac{P . AB}{Q - P}$$

woraus hervorgeht, dafs mit der Abnahme der Differenz von Q und P die Entfernung OB wächst, und für Q = P unendlich wird. In diesem Falle kann also das Gleichgewicht nicht hergestellt werden, vielmehr wird AB eine drehende Bewegung um sein Centrum erhalten.

Man kann hiernach die Resultirende von einer beliebigen Anzahl paralleler Kräfte finden, welche auf verschiedene mit einander durch gerade Linien verbundene Puncte wirken. Es seyen dieses die Kräfte p, p', p'', p''', p^{iv} und ihre Angriffspuncte in A, B, C, D, E. Man sucht die Resultirende der beiden Kräfte p und p' und findet ihren Angriffspunct in M, indem $AB : AM = p + p' : p'$, woraus $AM = \frac{AB . p'}{p + p'}$. Zieht man dem M C, so ergiebt sich auf gleiche Weise $MN = \frac{M\,C . p''}{p + p' + p''}$ und so fort N O und endlich K als Angriffspunct der Resultirenden aller Kräfte. Für entgegengesetzte und in schiefer Richtung wirkende Kräfte liegen die Regeln im Vorhergehenden. Fig. 196.

Um die Coordinaten des Centrums der parallelen Kräfte zu finden, seyen m, m', m'' ... die Angriffspuncte der Kräfte p, p', p'' ....

die Coordinaten des Punctes m seyen x, y, z.

. . . . . . m' . . . x', y', z'.

. . . . . . m'' . . . x'', y'', z''.

: : :

die Coordinaten des Centrums der Kräfte $x_{,}$, $y_{,}$, $z_{,}$; N der Angriffspunct der Resultirenden der beiden Kräfte p und p'; so ist Fig. 197.

$$MM' : NM' = p + p' : p$$
$$MM' : NM' = ML' : NL$$

also $ML' : NL = p + p' : p$.

und $(p + p')\, NL = p.\ ML'$.

auf beiden Seiten $(p + p')$ LK addirt

$$(p + p')(NL + LK) = p(ML' + LK) + p'.LK,$$

woraus leicht wird

$$(p + p')NK = p.MH + p'.M'H'.$$

Heifst dann Q die Resultirende von p und p', die Ordinate ihres Angriffspunctes Z, so ist $QZ = pz + p'z'$.

Heifst dann Q' die Resultirende der Kräfte Q und P'' und Z' die Ordinate des Angriffspunctes Q', so hat man $Q'Z' = QZ + p''z'' = pz + p'z' + p''z''$; und, indem man so fortfährt, für die Resultirende aller parallelen Kräfte = R und die Ordinate ihres Angriffspunctes = $z_{,}$

$$Rz_{,} = pz + p'z' + p''z'' + \ldots\ldots$$

Hiernach ist also das *Moment der Resultirenden der Kräfte* p, p', p'' .... *hinsichtlich der Coordinaten* x, y *gleich der Summe der Momente der einzelnen Kräfte hinsichtlich auf diese Coordinaten.* Auf gleiche Weise sind die Momente der Kräfte hinsichtlich zweier anderen Coordinaten

$$Ry_{,} = py + p'y' + p''y'' + \ldots\ldots$$

$$Rx_{,} = px + p'x' + p''x + \ldots\ldots$$

Fig. 198. Um die Bedingungen des *Gleichgewichtes* paralleler Kräfte zu finden, nehme man die Ordinatenaxe z mit der Richtung der Kräfte parallel. Hat man demnächst alle nach einer Seite wirkende Kräfte in die Resultirende $R_{,}$ und die nach der entgegengesetzten wirkenden in die Resultirende $R_{,,}$ vereinigt, so wird das Gleichgewicht hergestellt seyn, wenn beide gleich und gerade entgegengesetzt sind. Letzteres kann nur statt finden, wenn die Entfernung $C'C'' = 0$ ist, also wenn die Coordinaten $x_{,}$ und $y_{,}$ des Centrums C' den Coordinaten $x_{,,}$ $y_{,,}$ des Centrums C'' gleich sind. Hieraus folgt $x_{,} = x_{,,}$ und $y_{,} = y_{,,}$ aus dem Ersteren aber $R_{,} = -R_{,,}$ und aus beiden $R_{,}x_{,} = -R_{,,}x_{,,}$; $R_{,}y_{,} = -R_{,,}y_{,,}$.

Ist dann $R_{,}x_{,} = px + p'x' + p''x'' + \ldots$

$$R_{,,}x_{,,} = p^{IV}x^{IV} + p^{V}x^{V} + p^{VI}x^{VI} + \ldots$$

so wird

$$px + p'x' + p''x'' + \ldots + p^{IV}x^{IV} + p^{V}x^{V} + \ldots = 0$$

und eben so

$$py + p'y' + p''y'' + \ldots + p^{IV}y^{IV} + p^{V}y^{V} + \ldots = 0$$

und da $p + p' + p'' +$ die zusammenwirkenden von $R_{,}$ sind, so ist

$$p + p' + p'' + \ldots + p^{IV} + p^{V} + \ldots = 0.$$

Das Gleichgewicht wird also statt finden, *wenn die Summe der Momente der Kräfte hinsichtlich auf zwei rechtwinkliche und mit der gemeinschaftlichen Richtung parallele Ebenen* $= 0$ *ist, und wenn zugleich die Summe der Kräfte* $= 0$ ist.

6. Wirken die verschiedenen Kräfte p', p'', p''' . . . . willkührlich im Raume, sind ferner die Coordinaten des Angriffspunctes von $p' = x'$, y', z'; von $p'' = x''$, y'', z''; von $p''' = x'''$, y''', z''' u. s. w. die Winkel, welche sie mit den Coordinateraxen machen bei $p' = \alpha'$, β', γ'; bei $p'' = \alpha''$, β'', γ''; bei $p''' = \alpha'''$, β''', γ''' u. s. w., so findet man den Zustand des Gleichgewichts, indem man sie zerlegt in solche, welche in der Ebene der x, y und welche parallel mit der Axe z liegen.

Liegt keine der Kräfte parallel mit der Ebene der x, y, so sey p' eine der gegebenen Kräfte mit ihrem Angriffspuncte in m'. Man verlängere sie, bis sie in C' in die Ebene der x, y fällt, und zerfälle sie dann in Cl parallel mit z und $C'n$ in der Ebene der x, y, wodurch die Bedingung erfüllt ist. Wenn aber eine der Kräfte parallel mit der Ebene der x, y ist, so kann dieses Verfahren nicht statt finden. Man ziehe also von m' aus mit z parallel $m'o = m'o'$ und nenne diese g' und $-g'$, so kann man den Punct m' durch p' und g' und $-g'$ sollicitirt ansehen. Wird dann p' und $-g'$ in die Resultirende R' vereinigt, so wird der Punct m' durch zwei Kräfte sollicitirt, wovon $-g'$ mit z parallel ist, und R' die Ebene x, y treffen wird, daselbst aber in C' in zwei Kräfte, die eine parallel mit z, die andere in der Ebene der x, y liegend, nach dem eben angegebenen Verfahren zerlegt werden kann.

Fig. 199.

Fig. 200.

Um die Bedingungen des Gleichgewichts der hiernach construirten Kräfte zu finden, sind die Coordinaten der Angriffspuncte zu suchen. Es ist aber oben (4 am Ende) gezeigt, dafs die Gleichungen einer Resultirenden R' für einen beliebigen Punct, dessen Coordinaten x', y', z' sind, durch

$$z - z' = \frac{Z}{X}(x - x'); \quad z - z' = \frac{Z}{Y}(y - y')$$

ausgedrückt werden. Indem hierin aber X, Y, Z die Projectionen der Resultirenden R' auf die Axen der Coordinaten

ausdrücken, diese Projectionen aber den Zusammensetzenden von R', den Coordinatenaxen parallel, gleich sind, so ist nur erforderlich, jene durch diese auszudrücken. Es ist aber R' die Resultirende von p' und $-g$, also auch von p' Cos. α', p' Cos. β', p' Cos. γ', $-g'$. Indem aber diese Kräfte den Coordinatenaxen parallel wirken, so giebt dieses $X = p'. \text{Cos.}\, \alpha'$; $Y = p'. \text{Cos.}\, \beta'$; $Z = p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'$, welche Werthe in die obigen Gleichungen gesetzt giebt:

$$z - z' = \frac{p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'}{p'. \text{Cos.}\, \alpha'} (x - x')$$

$$z - z' = \frac{p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'}{p'. \text{Cos.}\, \beta'} (y - y')$$

Fig. 200. Sollen hiernach die Coordinaten des Punctes C' gefunden werden, wo die Resultirende R' die Ebene der x, y trifft, so ist hier $z = 0$. Heifsen aber die Coordinaten $x = a_{,}$; $y = b_{,}$ und wird dieses in die obigen Gleichungen substituirt,

so ist: $$- z' = \frac{p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'}{p'. \text{Cos.}\, \alpha'} (a_{,} - x')$$

$$- z' = \frac{p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'}{p'. \text{Cos.}\, \beta'} (b_{,} - y'),$$

woraus

$$a_{,} = x' - \frac{z'. p'. \text{Cos.}\, \alpha'}{p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'}$$

$$b_{,} = y' - \frac{z'. p'. \text{Cos.}\, \beta'}{p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'}.$$

Fig. 201. Ist eine der Kräfte durch die Linie $M'R'$ ausgedrückt, so kann man sie bis zum Puncte C' fortführen, indem man $C'D' = M'R'$ nimmt. Es läfst sich aber $C'D'$ in drei rechtwinklich in C' zusammengefügte zerlegen, und somit $C'D'$ eben wie $M'R'$ als die Resultirende der drei Kräfte ansehen. Diesemnach ist der Punct C' sollicitirt durch drei Kräfte, p' Cos. α', p' Cos. β', p' Cos. $\gamma' - g'$; deren erste beide in der Ebene der x, y liegen, letztere aber mit z parallel ist. Man erhält sonach statt der Kraft p', deren Angriffspunct in M' ist:

in M' die Kraft g' parallel mit z

in C' die Kraft p' Cos. $\gamma' - g'$ parallel mit z

in C′ die Kraft p' Cos. α' } in der Ebene von x, y.
in C′ die Kraft p' Cos. β' }

Auf gleiche Weise verfährt man mit den andern gegebenen Kräften p'', p'''.... zu denen $g'' - g''$, $g''' - g'''$... gehört, und bei denen die mit der Ordinatenaxe z parallelen Kräfte für die Puncte M″, M‴ .... sind g'', g''' .... und für die Puncte C″, C‴ .... p'' Cos. $\gamma'' - g''$, p''' Cos. $\gamma''' - g'''$ ....; die in der Ebene der x, y liegenden Kräfte für die Puncte C″, C‴.... aber sind p'' Cos. α'', p''' Cos. α''', p''' Cos. $\gamma''' - g'''$ und p'' Cos. β'', p''' Cos. β''', wodurch alle einzelnen Kräfte construirt werden können.

Wenn man hiermit zugleich die Frage über die Bedingungen des Gleichgewichts verbindet, so ist klar, daſs dieses statt finden muſs, wenn *zuerst* die mit der Axe der z parallel wirkenden Kräfte im Gleichgewichte sind, und *zweitens* die in die Ebene der x, y fallenden.

Um die *erste* Bedingung zu erfüllen, ist erforderlich, daſs 0 werde:

a. die Summe der Kräfte parallel mit der Axe z;
b. die Summe der Momente hinsichtlich auf die Ebene der y, z;
c. die Summe der Momente hinsichtlich auf die Ebene der x, z.

a. Die erste Bedingung erfordert einfach
p' Cos. $\gamma' - g' + g' + p''$ Cos. $\gamma'' - g'' + g'' + \ldots = 0$
woraus p'. Cos. $\gamma' + p''$. Cos. $\gamma'' + \ldots = 0$.

b. Die zweite erfordert zweierlei Momente zu berücksichtigen, zuerst die der Kräfte g', g''... welche auf die Angriffspuncte M′, M″ .... wirken, und zweitens die der Kräfte p' Cos. $\gamma' - g'$, p'' Cos. $\gamma'' - g''$ .....welche auf die Puncte C′, C″ .... wirken. Das Moment der Kraft g' in Beziehung auf die Ebene der y, z ist $g' . M'N' = g' . B'D' = g', AG' = g'.x'$. Das Moment der Kraft g' in Beziehung auf die Ebene der y, z ist $g' . M'N' = g' . B'D' = g' . AG' = g'.x'$. Das Moment der Kraft p' Cos. $\gamma' - g'$ für den Punct C′ ist in Beziehung auf dieselbe Ebene $= (p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g')\, E'C' = (p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g')\, a_{\prime}$; mithin ist die Summe dieser Momente $g'x' + (p'$ Cos. $\gamma' - g')\, a_{\prime}$, und hierin für $a_{\prime}$ substituirt: $g'x' + (p'$. Cos. $\gamma' - g')\left(x' - \dfrac{z'p'. \text{Cos.}\, \alpha'}{p'. \text{Cos.}\, \gamma' - g'}\right)$ welches p' (x′ . Cos.

Fig. 202.

$y' - z' \text{Cos.}\,\alpha'$) giebt, und wenn man für die Puncte M'', M'''.... C'', C'''.... auf gleiche Weise verfährt, so muſs seyn:

$$p'(x'.\text{Cos.}\,\gamma' - z'.\text{Cos.}\,\alpha') + p''(x''.\text{Cos.}\,\gamma'' - z''.\text{Cos.}\,\alpha'') + \ldots = 0$$

c. Die dritte Bedingung betreffend ist das Moment der Kraft g' auf den Angriffspunct M' rücksichtlich der Ebene der x, z durch $g'.\,M'L' = g'.\,B'G' = g'y'$ dargestellt; das der Kraft $p'\,\text{Cos.}\,\gamma' - g'$ auf den Punct C' durch $(p'.\,\text{Cos.}\,\gamma' - g')\,b_{,}$ und die Summe beider ist $g'y' + (p'.\,\text{Cos.}\,\gamma' - g')\,b_{,}$. Wird dann für $b_{,}$ der oben gefundene Werth substituirt und mit andern Puncten M'', M'''... C'', C'''.... eben so verfahren, so erhält man $p'(y'.\,\text{Cos.}\,\gamma' - z'.\,\text{Cos.}\,\beta') + p''.(y''.\,\text{Cos.}\,\gamma'' - z''.\,\text{Cos.}\,\beta'') + \ldots = 0$

Um die *zweite* Bedingung zu erfüllen, ist nothwendig, daſs 0 werde:

a. die Summe der Kräfte parallel mit der Axe x

b. die Summe der Kräfte parallel mit der Axe y

c. die Summe der Momente der Kräfte in Beziehung auf den Anfangspunct der Bewegung. Die beiden ersten erhält man einfach, wenn

$$p'\,\text{Cos.}\,\alpha' + p''\,\text{Cos.}\,\alpha'' + p'''\,\text{Cos.}\,\alpha''' + \ldots = 0$$

$$p'\,\text{Cos.}\,\beta' + p''\,\text{Cos.}\,\beta'' + p'''\,\text{Cos.}\,\beta''' + \ldots = 0$$

Fig. 203. Hinsichtlich des dritten sey C' der Angriffspunct der beiden Kräfte $p'.\,\text{Cos.}\,\alpha'$, $p'\,\text{Cos.}\,\beta'$. Sucht man die Momente dieser Kräfte hinsichtlich auf den Anfangspunct A, so ist das Moment der Kraft $p'\,\text{Cos.}\,\alpha$:

$$p'\,\text{Cos.}\,\alpha'.\,AE' = p'\,\text{Cos.}\,\alpha'\,C'F' = p'\,\text{Cos.}\,\alpha'.\,b_{,},$$

und eben so ist:

$$p'\,\text{Cos}\,\beta'.\,C'E' = p'\,\text{Cos.}\,\beta'.\,AF' = p'\,\text{Cos.}\,\beta'.\,a_{,}.$$

Beide müssen entgegengesetzt seyn, weil sie den Körper um den Punct A nach entgegengesetzten Seiten zu drehen streben, und man erhält also

$$p'\,\text{Cos.}\,\alpha'.\,b_{,} - p'\,\text{Cos.}\,\beta'.\,a_{,} = 0$$

für $a_{,}$ und $b_{,}$ substituirt, was sich aufhebt, weggestrichen giebt

$$y'p'\,\text{Cos.}\,\alpha - x'p'\,\text{Cos.}\,\beta' = 0$$

und indem man ebenso mit den Puncten C'', C'''.... verfährt

$$p'(y'\,\text{Cos.}\,\alpha' - x'\,\text{Cos.}\,\beta') + p''(y''\,\text{Cos.}\,\alpha'' - x''\,\text{Cos.}\,\beta'') + \ldots = 0.$$

Hierbei sind indeſs bloſs diejenigen Kräfte berücksichtigt, welche einen ruhenden Körper zu bewegen streben[1], und ihrer Natur nach nur eine geradlinige Bewegung hervorbringen können. Diese ist dann dem Ueberschusse des Momentes der nach einer Richtung wirkenden Kräfte über die Momente der in entgegengesetzter Richtung wirkenden gleich. Das Gesetz, wonach man das Gleichgewicht der sich einander aufhebenden Kräfte aufsucht, hat man ehemals das Cartesische genannt, später das *Princip der virtuellen Geschwindigkeiten*, indem jede Kraft zwar das Bestreben hat, den gegebenen Punct in ihrer Richtung und mit der ihr zukommenden Stärke zu bewegen, hieran aber durch die andern Kräfte gehindert wird[2].

Wird ein Körper gegen eine unbewegliche Ebene bewegt, so wird seine Bewegung hierdurch gehindert werden, aber nur vollständig, wenn die Richtung seiner Bewegung auf die Ebene normal ist, widrigenfalls wird er mit einem aliquoten Theile seiner Bewegung herabgleiten.

Die Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte kommt in der Mechanik und überhaupt bei allen Bewegungen so häufig vor, daſs man sie als allgemein anwendbar betrachten darf, z. B. beim Ziehen der Schiffe, Heben der Stammklötze, bei der Construction der schiefen Fläche, und der verschiedenen Kräfte, welche die Magnetnadeln in ihre eigenthümliche

---

1 Die Darstellung ist nach Boucharlat Elémens de Mécanique. Par. 1815. p. 1 — 66, welcher dem Poisson in Traité de Mécanique I. p. 11 — 98 folgt, aber leichter ist. Auf ähnliche Weise ist dieser Gegenstand behandelt in den Lehrbüchern der Statik. Die Bedingungen des Gleichgewichts der Kräfte nämlich, welche eigentlich unter den Artikel Statik gehören, sind hier zugleich mit berücksichtigt, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, und wird bei jenem Artikel hierauf verwiesen werden.

2 Brandes Lehrbuch der Ges. des Gleichgew. u. d. Bew. I. 38. Dieses Princip ist als allgemeines dynamisches Princip vorzüglich benutzt durch d'Alembert in Traité de Dynamique. Par. 1748. noch mehr und mit vorzüglicher Eleganz und scharfsinniger Behandlung durch La Grange in Mécanique analytique. Par. 1811 u. 15. II Vol. 4. Vergl. Graf v. Buquoy Weitere Entwickelung und Anwendung des Gesetzes der virtuellen Geschwindigkeiten. Leipz. 1814.

Lage bringen, bei den fliegenden Brücken [1], der Bewegung der Windmühlenflügel, der Rädchen in den Ventilatoren u. s. w. Es mag daher genügen, die Sache nur an einem Beispiele zu zeigen. Es sey AB der Kiel des Schiffes, CE das dem in der Richtung VD blasenden Winde schief entgegengespannte Segel, so läſst sich die Kraft desselben in zwei zerlegen, deren eine mit dem Segel parallel ist und daher verschwindet, die andere DG aber lothrecht auf dasselbe wirkt. Diese würde ohne den Widerstand des Wassers das Schiff in der gegebenen Richtung bewegen. Aus Rücksicht auf diesen aber zerfällt sie wieder in zwei, nämlich DF, welche auf die Axe des Schiffes senkrecht ist, und FG, welche mit demselben parallel läuft. Nimmt man den Widerstand des Wassers so stark an, daſs er die erstere ganz aufhebt, so würde die letztere allein übrig bleiben. Weil aber die Bewegung in der Richtung von DF nicht ganz aufgehoben wird, und auch gegen das Vordertheil des Schiffes in der Richtung GF = AB einiger Widerstand statt findet, so ist die Bahn des Schiffes nicht genau mit GF parallel, sondern liegt seitwärts von DA in der Richtung der Linie DL, welche mit dem Kiele den Winkel BDL (*angle de la dérive*) bildet [2].

Fig. 204.

Unter die Bewegungen durch zusammenwirkende Kräfte gehören auch diejenigen Fälle, in denen ein Körper in der einmal erhaltenen Bewegung verharret, und zugleich durch eine andere Kraft von der geraden Bahn abzuweichen sollicitirt wird, z. B. ein aus dem Mastkorbe eines schnell segelnden Schiffes herabfallender Körper u. dgl. m. [3].

Ueber Gewichte, welche an Faden ziehen, und sie nach verschiedenen Richtungen spannen, hat Newton [4] Untersuchungen angestellt, welche sich auf die Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte beziehen, und von Mylius [5] erläutert sind.

---

1 Leupold Theat. Pont. Cap. XX. Musschenbroek Int. I. §. 578.

2 Muschenbroek Int. I. §. 572. daselbst sind noch mehrere Beispiele angeführt.

3 S. *Fall. Trägheit.*

4 Arith. univ. probl. 48. 49.

5 Acta Acad. El. Scient. util. Erfordinae. I. art. V.

Einige Schriftsteller nennen die unveränderlichen bewegenden Kräfte *absolute*, die veränderlichen aber *relative*; auch werden die Kräfte in *lebendige* und *todte* eingetheilt, und es sind dann die ersteren diejenigen, welche wirkliche Bewegung hervorbringen, die letzteren aber solche, welche dieses wegen widerstehender Hindernisse nicht vermögen. Sonst heifsen lebendige Kräfte auch diejenigen, welche einem endlichen Körper in einem unendlich kleinen Zeittheilchen eine endliche Geschwindigkeit geben; todte hingegen diejenigen, welche hierzu einer endlichen Zeit bedürfen[1]. Diese Bezeichnungen sind überflüssig, und die letzte ist ohnehin an sich verwerflich, weil danach eine lebendige Kraft unendlich seyn müfste. Die erste Bezeichnung kommt mit der von Leibnitz gegebenen überein, wonach z. B. die Kraft eines fallenden Körpers eine lebendige genannt wird, zum Unterschiede des blofsen Druckes desselben, welche eine todte heifst[2].

B. Geschwindigkeit der Bewegung.

Es ist oben schon im Allgemeinen angegeben, dafs es zwar absolute Mafse des Raumes (Zolle, Linien, Erdhalbmesser u. dgl.) und der Zeit (Stunden, Secunden, Jahre u. s. w.) giebt, aber kein absolutes Mafs der Geschwindigkeit. Letztere ist also blofs relativ, und wird durch die Vergleichung der Räume bestimmt, welche von verschiedenen Körpern in gegebenen Zeiten durchlaufen werden. So die Sache in ihrer Allgemeinheit genommen, ist sie sehr einfach[3]. Sind also die Körper a und a'; die Geschwindigkeiten ihrer Bewegungen C und c; die durchlaufenen Räume S und s; die hierzu erforderlichen Zeiten T und t, so ist allgemein $t : T = s : \frac{st}{T}$, desgleichen $C : c = S : \frac{Sc}{C}$ oder $C : c = \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$ woraus man sieht, dafs die Geschwindigkeiten den Räumen direct, den Zeiten aber umgekehrt proportional sind. Endlich ist auch $S : s = CT : ct$, oder die Räume stehen im zusammengesetzten Verhältnisse der Zeiten und Geschwindigkeiten.

1 Vega Vorlesungen über Math. III. 21.

2 Montucla. II. 413.

3 L. Euler Mechan. I. 10.

Die Geschwindigkeit der Bewegung ist entweder gleichbleibend gleichförmig oder veränderlich, und die letztere ist wieder gleichmäſsig oder ungleichmäſsig beschleunigt oder vermindert.

1. Die *gleichförmige* Bewegung setzt voraus, daſs in gleichen Zeiten gleiche Räume durchlaufen werden. Behalten wir daher die vorige Bezeichnung bei, so ist $s = c\,t$ die allgemeine Gleichung für die gleichbleibende Geschwindigkeit. In der Natur giebt es, genau genommen, nur wenige Bewegungen von gleichbleibender Geschwindigkeit. Eine Uhr scheint zwar ihre Zeiger in gleichbleibender Geschwindigkeit zu bewegen, allein man sieht bei genauerer Prüfung bald, daſs diese Bewegung aus lauter kleinen ungleichförmigen, durch die Schwingungen des Pendels oder der Unruhe bedingten Bewegungen zusammengesetzt ist, deren Summen dann allerdings für gleiche Zeiten gleiche Räume, und in sofern also auch gleiche Geschwindigkeiten geben. Die einzige in der Natur vorhandene, stets gleichbleibende Geschwindigkeit ist in der Axendrehung der Erde gegeben, welche sich nach La Place[1] seit Hipparchs Zeiten, also ohngefähr 150 J. vor C. G. bis jetzt noch um nicht 0,01 Sec. geändert hat, und daher auch zur Controle der in ihrer Summe gleichförmigen Bewegung der Uhren benutzt wird. Alle übrigen gleichförmigen Bewegungen können nur als genähert angesehen werden, obgleich man bei vielen Maschinen absichtlich eine solche zu erhalten strebt. Dahin gehört hauptsächlich das Schwungrad[2], namentlich bei den Dampfmaschinen u. dgl. m.

2. Eine *gleichmäſsig beschleunigte oder verzögerte* Bewegung wird am leichtesten vorstellbar, wenn man den allgemeinen Grundsatz der Mechanik berücksichtigt, daſs jeder bewegte Körper in der einmal angenommenen Bewegung beharret, wenn nicht eine neue bewegende oder die Bewegung hindernde Kraft hinzukommt. Man denkt also, daſs die einmal angenommene Bewegung von gegebener

1 Méc. Cél. II. L. V. n. 12.

2 S. *Schwungrad.*

Geschwindigkeit ein verschwindendes Zeittheilchen fortdauert, und alsdann durch eine der oben erwähnten, Bewegung erzeugenden Ursachen, abermals für ein verschwindendes Zeitelement, zunimmt oder abnimmt. Die wirkende Kraft muſs dann als eine *beständig* verzögernde oder beschleunigende angesehen werden, weil sie allezeit auf die nämliche Weise den beweglichen Körper afficirt.

Berücksichtigen wir vorerst die *Beschleunigung*, als am häufigsten vorkommend, nennen allgemein den durchlaufenen Raum s, die Zeit t, die Anfangsgeschwindigkeit c, die Endgeschwindigkeit v, die Zunahme g, so wird $c + g$ die Geschwindigkeit am Ende des ersten Zeittheilchens, $c + 2g$, $c + 3g$ am Ende des zweiten und dritten Zeittheilchens, also allgemein:

$$v = c + gt$$

die Geschwindigkeit am Ende der Zeit t seyn. Wird für eine verschwindende Vermehrung der Zeit $= dt$ eine verschwindende Vergröſserung des durchlaufenen Raumes ds angenommen, und betrachtet man während dieses Zeittheilchens die Bewegung als gleichförmig, und der in der Zeit t erlangten Geschwindigkeit $= v$ zugehörig, so ist

$$ds = v\,dt \text{ oder } ds = c\,dt + gt\,dt,$$

woraus $s = C + ct + \frac{gt^2}{2}$

wird, worin C als Constante den im Anfange der Zeit t schon durchlaufenen Raum bezeichnet, welchen man, wenn von einem einzigen bewegten Körper die Rede ist $= 0$ setzen, und den Raum erst vom Anfange der untersuchten Bewegung an messen kann. Ist in diesem Ausdrucke g positiv, so ist die Bewegung beschleunigt, ist es negativ, so ist sie vermindert, und gleichförmig, wenn $g = 0$ ist. Wenn in der gegebenen Formel ferner $C = 0$ und auch $c = 0$ ist, so erhält man allgemein

$$s = \frac{gt^2}{2}$$

welches das Gesetz ausdrückt, daſs *bei gleichmäſsiger Beschleunigung der Bewegung der in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum dem Quadrate der Zeit direct proportional ist,*

und in Beziehung auf $\frac{g}{2}$, *dass der in einer gegebenen Zeit durchlaufene Raum nur die Hälfte desjenigen ist, welcher mit der am Ende der Zeit erlangten Geschwindigkeit, diese als gleichbleibend angenommen, durchlaufen seyn würde.*

Wirkt die Kraft verzögernd, so entsteht eine gleichmässig verminderte Bewegung. In diesem Falle ist

$$v = c - gt \text{ und } s = ct - \frac{gt^2}{2}$$

Die hier angegebenen Gesetze[1] kommen vor allen Dingen in Betrachtung bei den verschiedenen Erscheinungen des Fallens, indem fallende Körper in jedem neu hinzukommenden Zeittheilchen durch die stets gleichmässig wirkende Schwere aufs neue sollicitirt werden[2].

3. Ist die Stärke der auf einen Körper wirkenden, oder seiner Bewegung entgegen wirkenden beschleunigenden Kraft nicht stets gleich, so wird die durch sie erzeugte oder verzögerte Geschwindigkeit in gleichen Zeiträumen ungleich vermehrt oder vermindert werden, hiernach also die Bewegung keine gleichmässig, sondern eine *ungleichmässig beschleunigte* oder *verminderte* seyn. Insbesondere giebt der Widerstand der Mittel, welcher mit der Geschwindigkeit der Bewegung wächst, ein Beispiel dieser Art ab, desgleichen die in verschiedenen Entfernungen vom Mittelpuncte der Erde veränderliche Schwere. Bei denjenigen Bewegungen, welche unter diese Classe gehören, sind der durchlaufene Raum, die jederzeit hinzukommende Vermehrung oder Verminderung der Bewegung und die dieses bewirkende Kraft, drei Functionen der Zeit. Heisst dann t die Zeit, s der durchlaufene Raum, v die erlangte Geschwindigkeit, so ist allgemein[3]

---

1 Nach Poisson Traité de Méc. I. 266 ff. Andere, vorzüglich ältere elementare Darstellungen dieser Gesetze werden hier, wie billig, übergangen.

2 S. *Fall.*

3 Einen allgemeinen Beweis für diesen Ausdruck liefert Poisson a. a. O. I. 282. Derselbe ist der nämliche, welcher oben unter Nro. 1.

$$v = \frac{ds}{dt}, \text{ oder } ds = v\,dt.$$

Um die beschleunigende Kraft $= \varphi$ zu finden, mufs man diese mit einer bekannten vergleichen. Zwei beschleunigende Kräfte verhalten sich nämlich wie die in gleichen Zeiten durch dieselben erzeugten Geschwindigkeiten. Ist aber eine derselben eine veränderliche, so mufs das Zeitintervall so klein genommen werden, dafs man die durch die beschleunigende Kraft erzeugte Geschwindigkeit für die Dauer desselben als gleichbleibend ansehen kann. Es sey demnach g die Geschwindigkeit, welche eine gleichmäfsig wirkende beschleunigende Kraft p einem Körper in der Zeit t mittheilt, so ist $g\,dt$ die in dem Differential der Zeit $= dt$ erhaltene Geschwindigkeit. Während dieser nämlichen Zeit erzeugt aber die Kraft φ eine Geschwindigkeit $= dv$ (indem die am Ende der Zeit t erlangte Geschwindigkeit $= v$ gesetzt, die am Ende der Zeit $t + dt$ erlangte $= v + dv$ seyn wird), woraus man erhält

$$\varphi : p = dv : g\,dt; \text{ also } \varphi = \frac{p}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

Nimmt man hierin p als Einheit, und die zugehörige Gröfse g gleichfalls als Einheit[1], so wird der Ausdruck einfacher, nämlich $\varphi = \frac{dv}{dt}$, und für v den oben gefundenen Werth substituirt wird $\varphi = \frac{d^2 s}{dt^2}$.

Von diesen allgemeinen Sätzen wird bei den einzeln zu erörternden Bewegungen, namentlich beim Fall der Körper

---

für die gleichförmig beschleunigte Geschwindigkeit gebraucht ist, und besagt, dafs das Differential des durchlaufenen Raumes dem Producte aus dem Differential der Zeit in die Geschwindigkeit der Bewegung gleich ist, dessen Richtigkeit aus sich selbst hervorgeht.

1 Man nimmt im Allgemeinen stets die Schwere als die beschleunigende Kraft an, und dann wird für $t = 1''$ die Gröfse g dem Raume gleich, durch welchen ein Körper an der Erdoberfläche in dieser Zeit lothrecht frei herabfällt. S. *Fall.*

in Entfernungen vom Mittelpuncte der Erde, wo die Schwere verschieden ist, Gebrauch gemacht werden[1].

C. Bahn des Körpers.

In wiefern die Bahn, in welcher ein durch eine oder mehrere Kräfte sollicitirter Punct (der Schwerpunct eines Körpers und also auch der Körper selbst) sich bewegt, durch die Zahl, Richtung und Stärke dieser Kräfte bestimmt werde, läfst sich nach Poisson[2] auf folgende Weise einfach darstellen. Im Allgemeinen lassen sich hierbei zwei Fälle unterscheiden, indem die Bewegung entweder *frei*, oder *nicht frei* ist, die letztere aber geschieht wieder entweder in einer vorgeschriebenen Bahn oder um einen festen Punct, woran der bewegte Körper befestigt ist.

1. Die *freie Bewegung* ist entweder eine *geradlinige* oder eine *krummlinige*. Wenn nur eine Kraft auf einen Körper wirkt, oder die mehreren Kräfte sich in ihrer Wirkung stets gleichbleiben oder ein durchaus gleichbleibendes Verhältnifs beibehalten, so kann die Bahn nur eine gerade Linie seyn. Auf welche Weise dagegen eine krummlinige Bewegung entstehen müsse, ergiebt sich aus dem Folgenden leicht.

Es ist oben unter A gezeigt, dafs wenn ein Körper m Fig. 205. durch zwei Kräfte, welche P und Q, heifsen mögen, sollicitirt wird, er die Diagonale m c zwischen beiden durchläuft. Wird dann m c als die Resultirende von zwei oder mehreren Kräften angesehen, so ist die geradlinige Bahn damit gegeben, und der Körper wird durch c..., C..., sich bewegen. Kommt aber in m′ eine neue Kraft hinzu, welche R genannt und durch die Linie m′D ausgedrückt seyn möge, so wird diese mit der vorhergehenden Resultirenden abermals durch die Construction des Parallelogramms der Kräfte eine Resul-

---

1 Ueber die *Scalen der Geschwindigkeiten* und *der Kräfte*, auch die Scalen der Bewegung genannt (Verzeichnung der in gegebenen Zeiten mit bestimmten Geschwindigkeiten durchlaufenen Räume durch Linien und Flächen). S. Brandes Lehrbuch u.s.w. II. 53 ff Vega Vorlesungen über d. Mathematik. Wien, 1818. 8. III. 51. u. a. Werke über d. Mechanik.

2 a. a. O. I. 308.

tirende geben, und der Körper wird von m' nach c' gelangen. Kommen also nach einander stets aufs neue die Kräfte R, S, T, U.... hinzu, so ist die Bahn ein Polygon, dessen Seiten so viel kleiner werden müssen, je kürzer die Zeitdauer bis zum Einwirken einer neuen Kraft ist, und durch eine in unmeſsbar kleinen Zeitintervallen ablenkende Kraft von selbst zur krummen Linie wird.

Um aber im Allgemeinen die Bahn zu bestimmen, welche ein frei im Raume bewegter Punct durchläuft, ist es am zweckmäſsigsten, dieselbe auf die Wirkung der Kräfte in der Richtung dreier Coordinatenaxen zurückführen, welches durch das oben unter A gezeigte Verfahren in sofern leicht geschieht, als man die Resultirende sucht, und auf eine ähnliche Weise, als dort gezeigt ist, hiernach denjenigen Punct im Raume bestimmt, in welchem er sich nach einer gegebenen Zeit befindet. Es sey demnach o der Punct, von welchem aus die Bewegung anfängt, es seyen ferner A, B, C, die Intensitäten der in der Richtung der drei Coordinatenaxen und auf diese reducirten Kräfte, a, b, c, die hierdurch erzeugten Geschwindigkeiten, R die Resultirende α, β, γ, die Winkel, welche dieselbe mit den Zusammensetzenden A, B, C, macht; so ist[1]: *Fig.* 206.

$A = R \operatorname{Cos.} \alpha, B = R \operatorname{Cos.} \beta, C = R \operatorname{Cos.} \gamma; \; R^2 = A^2 + B^2 + C^2.$

Bezeichnet dann v die der Resultirenden R zugehörige Geschwindigkeit, so kann man unter der Voraussetzung, daſs die Verhältnisse der Geschwindigkeiten hierbei und bei a, b, c, welche den Kräften A, B, C, zugehören, die nämlichen sind, als der sie erzeugenden Kräfte, substituiren

$a = v \operatorname{Cos.} \alpha, b = v . \operatorname{Cos.} \beta, c = v . \operatorname{Cos.} \gamma; \; v^2 = a^2 + b^2 + c^2.$

Der bewegte Punct wird also hiernach in einer gegebenen Zeit Θ in der Diagonale einen Raum $v\Theta$ durchlaufen, während die Projectionen der ihn sollicitirenden Kräfte auf die drei Coordinatenaxen o x, o y, o z sind:

$v\Theta \operatorname{Cos.} \alpha, v\Theta . \operatorname{Cos.} \beta, v\Theta . \operatorname{Cos.} \gamma$. oder $a\Theta$, $b\Theta$, $c\Theta$,

oder aber während die auf die Coordinatenaxen projicirten

---

1 S. oben B. 4. wo statt A, B, C, die Buchstaben X, Y, Z, gebraucht sind, wie auch später hier geschieht, wenn der Ausdruck allgemein in Beziehung auf die Coordinatenaxen genommen wird.

Kräfte sich mit den Geschwindigkeiten a, b, c bewegen, wird der bewegte Punct sich mit der Geschwindigkeit v auf der Diagonale bewegen.

Angenommen es wirkten nach der Zeit Θ auf diesen Punct andere Kräfte $A_{,}$, $B_{,}$, $C_{,}$, parallel mit den gegebenen Ordinatenaxen, und ihre Geschwindigkeiten wären $a_{,}, b_{,}, c_{,}$; so würde es seyn, als wenn der Punct in Ruhe seyend durch die Kräfte A, B, C, $A_{,}$, $B_{,}$, $C_{,}$, oder durch $A+A_{,}$, $B+B_{,}$, $C+C_{,}$ sollicitirt würde, mit den correspondirenden Geschwindigkeiten $a+a_{,}$, $b+b_{,}$, $c+c_{,}$. Wäre dann die hierdurch erlangte Geschwindigkeit $v_{,}$; so giebt dieses

$$v_{,}^2 = (a+a_{,})^2 + (b+b_{,})^2 + (c+c_{,})^2$$

und hinsichtlich auf die Richtung

$$\frac{a+a_{,}}{v_{,}}, \frac{b+b_{,}}{v_{,}}, \frac{c+c_{,}}{v_{,}}$$

als die Cosinus der Winkel, welche diese mit den Coordinatenaxen o x, o y, o z macht. Während einer Zeit $\Theta_{,}$, welche auf die Zeit Θ folgt, durchlaufen die auf die Coordinatenaxen projicirten Kräfte die Räume

$$a\Theta + (a+a_{,})\Theta_{,},\quad b\Theta + (b+b_{,})\Theta_{,},\quad c\Theta + (c+c_{,})\Theta_{,}.$$

Kommen nach der Zeit $\Theta + \Theta_{,}$ abermals neue Kräfte hinzu, für welche die Bezeichnungen auf gleiche Weise A_2, B_2, C_2; a_2, b_2, c_2 seyn mögen, so werden während der Zeit Θ_2 die auf die Coordinatenaxen projicirten componirenden Kräfte die Räume

$$(a+a_{,}+a_2)\Theta_2,\quad (b+b_{,}+b_2)\Theta_2,\quad (c+c_{,}+c_2)\Theta_2$$

durchlaufen, so dafs sie sich nach der Zeit $\Theta + \Theta_{,} + \Theta_2$ in den Entfernungen vom Puncte o befinden, welche durch

$$a\Theta + (a+a_{,})\Theta_{,} + (a+a_{,}+a_2)\Theta_2$$
$$b\Theta + (b+b_{,})\Theta_{,} + (b+b_{,}+b_2)\Theta_2$$
$$c\Theta + (c+c_{,})\Theta_{,} + (c+c_{,}+c_2)\Theta_2$$

ausgedrückt werden können. Fährt man auf ähnliche Weise fort bis Θn, die nämliche Bezeichnung beibehalten, und nennt x, y, z die auf die Coordinatenaxen von dem bewegten Puncte m aus projicirten durchlaufenen Räume; so ist allgemein:

$$x = a\Theta + (a+a_{,})\Theta_{,} + (a+a_{,}+a_2)\Theta_2 + \ldots + (a+a_{,}+a_2+\ldots+a_n)\Theta_n$$
$$y = b\Theta + (b+b_{,})\Theta_{,} + (b+b_{,}+b_2)\Theta_2 + \ldots + (b+b_{,}+a_2+\ldots+b_n)\Theta_n$$
$$z = c\Theta + (c+c_{,})\Theta_{,} + (c+c_{,}+c_2)\Theta_2 + \ldots + (c+c_{,}+a_2+\ldots+c_n)\Theta_n.$$

Es ergiebt sich hieraus, dafs der Raum, welchen die auf eine der Axen projicirte Kraft des beweglichen Punctes m durchläuft, blofs von der Geschwindigkeit abhängt, welche die Kraft parallel mit dieser Axe wirkend erzeugt, ohne dafs eine Modification durch die mit den beiden andern Axen parallel wirkenden statt findet. Der Werth von x wird also blofs durch die Geschwindigkeiten $a, a_{,}, a_2, \ldots a_n$ bestimmt, welche durch die Componirenden $A, A_{,}, A_2, \ldots A_n$ parallel mit ox erzeugt werden, gleich als wenn alle andern $= 0$ wären, und so desgleichen bei y und z. Ferner hängt diese Demonstration nicht von der Gröfse der $\Theta, \Theta_{,}, \Theta_2, \ldots \Theta_n$ ab, welche demnach verschwindend klein genommen werden können. Es ergiebt sich demnach der allgemeinen Satz. *Wenn man die gesammten, eine krummlinige Bewegung des Punctes m bewirkenden Kräfte in drei mit den Coordinatenaxen parallele Kräfte zerlegt, und wenn man die Projectionen des bewegten Punctes (Körpers) auf diese Axen als bewegliche Puncte betrachtet, so wird die Bewegung in jeder Axe als erzeugt anzusehen seyn durch Kräfte, welche mit derselben parallel sind, während alle andern als nicht existirend betrachtet werden können.* Man führt hiernach also jede krummlinige Bewegung auf drei, mit den Coordinatenaxen parallele, geradlinige zurück, oder auf zwei, wenn der bewegte Körper stets in einer durch zwei Coordinatenaxen gegebenen Ebene bleibt. Als einfachstes Beispiel hierzu dient die Bahn eines geworfenen Körpers, welcher in der verticalen Ebene den Zeiten proportionale horizontale Abscissen durchläuft, während die Ordinaten seiner lothrechten Bewegung dem Quadrate der Zeiten proportional zunehmen.

Sind x, y, z die drei rechtwinkligen Coordinaten eines beweglichen Punctes, auf den Coordinatenaxen ox, oy, oz gemessen, wodurch nach Verlauf der Zeit t der Ort bestimmt werden kann, an welchem sich der bewegliche Punct befindet, wird ferner jede der bewegenden Kräfte in drei andere, den Coordinatenaxen parallele, zerlegt, und nennt man die Summen der Componirenden, parallel den Axen x, y, z genommen: X, Y, Z; so können diese letzteren in jedem einzelnen Falle positiv oder negativ, je nachdem ihre Wirkung ist, als Functionen der ersteren ausgedrückt werden. Es ist

aber, wie eben gezeigt wurde, die auf jede der Axen projicirte Bewegung des bewegten Körpers als durch Kräfte bewirkt zu betrachten, welche jeder dieser Axen parallel wirken. Bedient man sich diesemnach des [1] für die beschleunigende Kraft φ gefundenen Ausdruckes, so ist

$$X = \frac{d^2x}{dt^2},\ Y = \frac{d^2y}{dt^2},\ Z = \frac{d^2z}{dt^2}.$$

In diesen allgemeinen Gleichungen ist aber weder die Geschwindigkeit begriffen, welche der bewegte Körper schon erlangt hat, noch der von demselben schon durchlaufene Raum, deren Bestimmung zusammen sechs Constanten für die drei Gleichungen mit Differentialen der zweiten Ordnung geben würde. Einfacher wird die Aufgabe, wenn man weiſs, daſs der Körper sich in einer gegebenen Ebene bewegt, wodurch $Z = 0$ wird. In ihrer Allgemeinheit aber erfordert die Aufgabe drei Gleichungen zwischen x, y, z und t, und, wenn man die letzter eliminirt, zwei zwischen x, y und z, als Ausdruck der Curve, worin sich der Körper bewegt, und welche die *Trajectorie* genannt wird.

Der einfachste Fall ist der, wenn X, Y und Z sämmtlich $= 0$ sind, indem dann durch Integration aus

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0,\ \frac{d^2y}{dt^2} = 0,\ \frac{d^2z}{dt^2} = 0$$

$$x = at + a';\ y = bt + b';\ z = ct + t'$$

wird, worin a, b, c, a', b', c' sechs willkührliche Constanten sind. Setzt man den Anfang der Coordinaten in den Anfangspunct der Bewegung, miſst man die Zeit gleichfalls von hier an, so werden dafür x, y, z und $t = 0$ und sonach a', b' und c' gleichfalls $= 0$, wonach dann

$$x = at;\ y = bt;\ z = ct$$

werden, und durch Elimination von t

$$x = \frac{a}{c}\cdot z;\ y = \frac{b}{c}\cdot z,$$

welches die gerade Linie als Trajectorie giebt.

Wäre u ein Theil der Bahn vom Anfange der Bewegung

1 S. oben B. 3.

an bis zu einem den Coordinaten x, y, z entsprechenden Puncte, so ist[1]

$$U = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = t. \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

Indem hierin u der Zeit proportional ist, so folgt, dafs die Bewegung eines materiellen Punctes im Raume gleichförmig seyn mufs, wie die einer jeden seiner Projectionen auf die Coordinatenaxen. Man kann hiernach also die Geschwindigkeiten auf gleiche Weise zerlegen, als die Kräfte, indem a, b, c die Zusammensetzenden der Geschwindigkeit $\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ sind, letztere aber ist die Resultirende der Geschwindigkeiten a, b, c. Nennt man weiter die Winkel, welche die Resultirende u mit den Coordinatenaxen der x, y, z macht, welche zugleich ihre Projectionen sind, α, β, γ, so ist

$$x = u. \text{Cos.}\, \alpha, \quad y = u. \text{Cos.}\, \beta, \quad z = u. \text{Cos.}\, \gamma.$$

Substituirt man für x, y, z und u ihre Werthe, dividirt durch t und setzt $v^2 = a^2 + b^2 + c^2$, so ist

$$a = v. \text{Cos.}\, \alpha, \quad b = v. \text{Cos.}\, \beta, \quad c = v. \text{Cos.}\, \gamma,$$

woraus sich ergiebt, dafs die Zusammensetzung der Geschwindigkeiten mit der Zusammensetzung der Kräfte auf gleichen Gesetzen beruhet, weil die Geschwindigkeiten unter einander das nämliche Verhältnifs als die sie erzeugenden Kräfte haben.

Wenn in irgend einer Zeit der Bewegung die beschleunigenden Kräfte X, Y, Z zu wirken aufhörten, so würde die Bewegung in der Richtung jeder Coordinatenaxe gleichförmig werden, das heifst $= \frac{dx}{dt}$ auf der Axe der x, $\frac{dy}{dt}$ auf der Axe der y und $\frac{dz}{dt}$ auf der Axe der z. Hiernach wäre die Bewegung eine geradlinige und gleichförmige. Bezeichnet dann v die Geschwindigkeit dieser Bewegung, ds das Differential der Trajectorie, so wäre

$$v = \sqrt{\left[\frac{dx^2}{dt^2} + \frac{dy^2}{dt^2} + \frac{dz^2}{dt^2}\right]} = \frac{ds}{dt}.$$

und wenn α, β, γ die Winkel bezeichnen, welche die Richtung dieser Geschwindigkeit mit den Coordinatenaxen x, y, z macht, so ist

1 Vergl. oben A, 4.

$$v. \operatorname{Cos.} \alpha = \frac{dx}{dt}, \; v. \operatorname{Cos.} \beta = \frac{dy}{dt}, \; v. \operatorname{Cos.} \gamma = \frac{dz}{dt}.$$

Hierin der Werth für v substituirt, ist

$$\operatorname{Cos.} \alpha = \frac{dx}{ds}, \; \operatorname{Cos.} \beta = \frac{dy}{ds}, \; \operatorname{Cos.} \gamma = \frac{dz}{ds}.$$

Indem aber die Cosinus der Winkel, welche die Tangente der Trajectorie mit den Axen der Coordinaten macht, gleichfalls den Verhältnissen $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ gleich sind, so folgt hieraus, daſs die Richtung der Geschwindigkeit v mit der Tangente zusammenfällt. Hieraus aber geht hervor, daſs, wenn man die beschleunigenden Kräfte plötzlich aufhebt, der bewegte Körper sich mit gleichmäſsiger Geschwindigkeit im Raume in der Tangente der durchlaufenen Curve bewegen muſs. Die Geschwindigkeit eines in einer Curve bewegten Punctes aber, welche der Ausdruck $\frac{ds}{dt}$ bezeichnet, ist diejenige, mit welcher er sich in dem gegebenen Zeitelemente in der Tangente der Curve bewegen würde, wenn die ablenkenden und beschleunigenden Kräfte plötzlich aufhörten zu wirken.

Unter die krummlinigen freien Bewegungen der Körper gehören vorzüglich diejenigen, wobei die krumme Bahn in einer Ebene um einen festen Punct liegt, und welche dadurch bedingt werden, daſs die ablenkenden Kräfte stets nach diesem Puncte hin gerichtet sind. In Beziehung auf diesen Punct, das Centrum der Bewegung oder auch der Bahn, nennt man sie *Centralbewegung*, welche indeſs am gehörigen Orte für sich untersucht werden wird[1]. Die wesentlichste Anwendung der Untersuchungen über die Bahnen, worin sich die Körper um einen gegebenen Punct bewegen, liefert die Astronomie in den verschiedenen Curven, welche die Himmelskörper um die Sonne beschreiben, deren Bestimmung aus mehr oder minder zahlreichen Beobachtungen unter die interessantesten, aber auch schwierigsten Probleme der

1 S. *Centralbewegung*.

Geometrie gehört[1]. Eine gleichfalls wichtige Anwendung der allgemeinen Theorie der freien Bewegung der Körper zur Bestimmung der durchlaufenen Bahn giebt die Wurfbewegung, wenn ein Körper durch eine im Momente ihrer Wirkung erschöpfte Kraft fortgeschleudert, und dann durch die Schwere stetig afficirt wird, woraus entweder eine gerade oder eine krumme Bahn entsteht, die erstere, wenn die Richtung der Schwere mit der Richtung der Wurfbewegung zusammenfällt, also beim verticalen Wurfe, die letztere, wenn sie mit derselben irgend einen Winkel bildet. Die hierhin gehörigen Untersuchungen sind im Artikel *Ballistik*[2] abgehandelt.

2. Unter die nicht freie Bewegung gehören die schon oben angegebenen zwei Fälle, nämlich erstlich die Bewegung in einer gegebenen Bahn und zweitens die um einen gegebenen festen Punct.

a. Untersuchen wir zuerst die Bewegung in einer *gegebenen Bahn*, so ist diese letztere entweder eine *gerade* oder eine *krumme*. Die Bewegung in einer vorgeschriebenen geraden Bahn kommt wohl ausschliefslich, nur dann vor, wenn ein schwerer Körper mit oder ohne Rücksicht auf die Reibung auf der geneigten Ebene aufwärts oder herabwärts bewegt werden soll. Es wird daher hier genügen nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs, wie auch immer die Richtung und Lage der Ebene seyn mag, in welcher die Bahn des bewegten Körpers (oder Punctes) liegt, so werden die ihn sollicitirenden Kräfte auf die Weise zerlegt, dafs diejenigen Zusammensetzenden, welche auf die Ebene normal gerichtet sind, durch den unüberwindlichen Widerstand der letzteren $=0$ werden, mithin der Körper der aus den übrigen Resultirenden folgt, wodurch also dieses Problem ganz auf dasjenige zurückgeführt wird, was sich oben unter A über die Zusammensetzung der Kräfte findet[3].

Soll dagegen irgend ein Punct m ohne Rücksicht auf die Schwere in einer gegebenen Curve K durch eine gegebene Kraft bewegt werden, so wird diese letztere in zwei Zusammensetzende Fig. 207.

1 S. *Bahn*. Ueber die tägliche mittlere Bewegung. S. *Anomalie* No. 8.

2 S. *Ballistik*.

3 Die weitere Ausführung und Anwendung. S. *Ebene, geneigte*.

zerlegt, die eine $mN = K'$, normal auf die Curve, die andere $mT = K''$, dieselbe berührende; und indem die erstere durch den Widerstand der Curve $= 0$ wird, so muss der Punct der letzteren allein folgen. Stellt man sich die Curve als ein Polygon vor, dessen Seiten mm', $m'm''$, $m''m'''$... sind, und denkt sich diese als verschwindend klein, so ist der Winkel $m''m't$, welchen die Verlängerung der Seite mm' mit der Curve macht, der **Berührungswinkel** (*angulus contactus*, angle de contingence), und die Ebene $tm'm''$ ist die **osculirende Ebene**.

Fig. 208.

Kommt der durch die Kraft K getriebene Körper m, nachdem er den Raum mm' mit einer Geschwindigkeit $= v$ zurückgelegt hat, in m' an, so muss er sich wenden, um den Raum $m'm''$ zu durchlaufen, wobei er indess von seiner Geschwindigkeit verliert. Wird seine Geschwindigkeit v durch $m'q$ ausgedrückt, und diese lineare Grösse in $m'n$ und $m'l$ zerlegt, so ist

$$m'l = m'q.\ \text{Sin.}\ tm'm'' = v.\ \text{Sin.}\ \omega$$
$$m'n = m'q.\ \text{Cos.}\ tm'm'' = v.\ \text{Cos.}\ \omega;$$

und indem die erstere durch den Widerstand der Curve verschwindet, so bleibt die zweite allein übrig, und der Verlust der Geschwindigkeit ist daher $v - v.\ \text{Cos.}\ \omega = v\ (1 - \text{Cos.}\ \omega) = v.\ \text{Sin. vers.}\ \omega$. Verwandelt sich das Polygon in eine krumme Linie, so ist der Winkel ω verschwindend klein, ein Differential der zweiten Ordnung, wie schon daraus folgt, dass bei der Construction der Bogen verschwindend klein genommen werden muss. Indem ferner die gegen die Curve drückende Kraft $v.\ \text{Sin.}\ \omega$ sich in jedem Zeittheilchen ändert, weil $\text{Sin.}\ \omega$ sich stets ändert, so kann man sie als eine auf den beweglichen Punct wirkende beschleunigende Kraft ansehen. Wirken dann ausser dieser noch mehrere Kräfte auf den beweglichen Punct, so müssen nach ihrer Zerlegung alle die Zusammenwirkenden normalen zu derselben hinzugesetzt werden. Nennt man die aus allen Resultirende N, und bezeichnet hiermit zugleich den Widerstand, welchen die Curve ihr entgegensetzen muss, nennt man ferner die Winkel, welche sie mit den drei Coordinatenaxen macht α, β, γ, so sind die Zusammensetzenden derselben hinsichtlich dieser Winkel:

$$N. \, Cos. \, \alpha, \; N. \, Cos. \, \beta, \; N. \, Cos. \, \gamma.$$

Behalten wir die oben für die beschleunigenden Kräfte und die dadurch erzeugte Geschwindigkeit gebrauchten Bezeichnungen bei, und nennen die ersteren X, Y, Z, so giebt dieses die drei Gleichungen:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = X + N. \, Cos. \, \alpha$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = Y + N. \, Cos. \, \beta$$

$$\frac{d^2z}{dt^2} = Z + N. \, Cos. \, \gamma.$$

Nimmt man hinzu, dafs

$$Cos.^2 \, \alpha + Cos.^2 \, \beta + Cos.^2 \, \gamma = 1$$

ferner dafs, wenn zwei rechtwinklich auf einander gefällte gerade Linien im Raume mit den Coordinatenaxen die Winkel α, β, γ; α', β', γ' machen,

$$Cos. \, \alpha. \, Cos. \, \alpha' + Cos. \, \beta. \, Cos. \, \beta' + Cos. \, \gamma. \, Cos. \, \gamma' = 0$$

ist, so giebt dieses in dem vorliegenden Falle die Gleichung zwischen der Tangente und der Normale. Denn α, β, γ sind die Winkel, welche die Normale N mit den Coordinatenaxen macht, diese ist aber perpendiculär auf die Tangente in m, welche mit den Coordinatenaxen die Winkel α', β', γ' macht, also die nämlichen eines Elementes der Curve mit den Ordinatenaxen, und so ist also

$$\alpha' = \frac{dx}{ds}, \; \beta' = \frac{dy}{ds}, \; \gamma' = \frac{dz}{ds}.$$

welche Werthe in die vorige Gleichung substituirt giebt

$$\frac{dx}{ds} Cos. \, \alpha + \frac{dy}{ds} Cos. \, \beta + \frac{dz}{ds} Cos. \, \gamma = 0.$$

Wird von den oben gegebenen drei Gleichungen die erste mit 2 dx, die andere mit 2 dy, die dritte mit 2 dz multiplicirt, so giebt die Addition derselben

$$2\,dx \frac{d^2x}{dt^2} + 2\,dy \frac{d^2y}{dt^2} + 2\,dz \frac{d^2z}{dt^2} = 2\,(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$$
$$+ 2\,N\,(dx \, Cos. \, \alpha + dy \, Cos. \, \beta + dz \, Cos. \, \gamma).$$

Indem aber der letzte Theil der Gleichung in Gemäfsheit der vorhergehenden = 0 wird, so ist

$$2\,dx\,\frac{d^2x}{dt^2}+2\,dy\,\frac{d^2y}{dt^2}+2\,dz\,\frac{d^2z}{dt^2}=2(Xdx+Ydy+Zdz)$$

oder aber

$$\frac{d(dx^2+dy^2+dz^2)}{dt^2}=2\,(Xdx+Ydy+Zdz).$$

Wird statt der Quadrate der Differentiale der Ausdruck für die Geschwindigkeit gesetzt[1] und integrirt, so erhält man:

$$\frac{ds^2}{dt^2}=v^2=2\int(Xdx+Ydy+Zdz).$$

Der einfachste Fall ist auch hierbei, wenn die beschleunigenden Kräfte X, Y, Z aufhören, oder $=0$ werden, wodurch $v^2=$ Const. wird. Also wird auch ein, in einer gegebenen Curve sich bewegender Körper *ohne* beschleunigende Kräfte eine gleichmäſsige Bewegung stets beibehalten.

Wirkt dagegen auf den bewegten Körper nur eine beschleunigende Kraft, (es sey dieses die Schwere), so ist $X=0$, $Y=0$, $Z=g$, und wir erhalten

$$v^2=2\int g\,dz=2gz+C.$$

Ist $v=V$ wenn $z=0$ wird, so ist $V^2=C$, also $v^2=2gz+V^2$, oder $v=\sqrt{2gz+V^2}$, welche Gleichung unabhängig von x, y und z ist, mithin für jede Curve statt finden kann.

Die hier gefundene Gleichung für die Geschwindigkeit eines in einer gegebenen Curve bewegten Körpers genügt indeſs nicht, um den zurückgelegten Raum oder die hierzu erforderliche Zeit zu bestimmen. Denn setzt man $\frac{ds}{dt}=\sqrt{2gz+V^2}$ oder $\frac{\sqrt{dx^2+dy^2+dz^2}}{dt^2}=\sqrt{2gz+V^2}$, so hat man eine Relation zwischen drei veränderlichen Gröſsen. Wären aber die Gleichungen für die Curve

$$z=f(x,y)\,;\;z=\varphi(x,y)$$

und könnte man hierdurch zwei veränderliche Gröſsen eliminiren, so hätte man eine Gleichung zwischen dt und einer Coordinate der krummen Linie zu integriren.

---

1 S. oben unter I. am Ende.

Eine unmittelbare praktische Anwendung zur Erklärung der Naturerscheinungen bieten diese Untersuchungen nicht dar, aufser etwa, dafs man durch dieselben zur Auffindung der Schwungkraft gelangen kann, d. h. derjenigen Kraft, womit ein in einer gegebenen Bahn und mit bekannter Geschwindigkeit um einen Mittelpunct bewegter Körper sich von diesem letzteren zu entfernen strebt, wovon am gehörigen Orte ausführlicher gehandelt werden wird [1]. Dafs ferner die genauere Kenntnifs der Bewegungsgesetze im Allgemeinen zur Erklärung der vielfachen Bewegungen der Himmelskörper beitrage, bedarf kaum einer Erwähnung. Bei allen sonstigen Bewegungen irdischer Körper erleichtert man sich die Berechnung sehr durch Zurückführung derselben auf die gerade oder einfach gekrümmte geneigte Ebene, wobei die Schwere und die Reibung als die einzigen oder wichtigsten wirkenden Kräfte vorzüglich in Betrachtung kommen. Indefs giebt es einige Curven, in welchen die durch die Schwere afficirten Körper bestimmte Gesetze der Geschwindigkeiten befolgen, sie können indefs, als rein geometrische Probleme, hier nur wegen ihres geschichtlichen Interesses kurz erwähnt werden.

Die erste derselben ist die *Isochrone*, deren Construction Leibnitz 1687 den Anhängern des Cartesius aufzusuchen aufgab, um die Vortheile der von ihm erfundenen höheren Analyse darzuthun [2]. Wenn man nämlich annimmt, dafs ein auf der geneigten Ebene herabfallender Körper durch die Schwere sollicitirt wird, zunehmend gröfsere verticale Räume zu durchlaufen, so wurde die Aufgabe gestellt, diejenige Curve zu finden, auf welcher ein schwerer Körper herabfallend in gleichen Zeiten gleiche Räume in lothrechter Richtung herabsinkt. Die Auflösung dieses Problems gab als die hierzu erforderliche Curve eine kubische Parabel, deren Gleichung ist: $y^3 = ax^2$, wenn man ihre Axe in die horizontale Ebene legt, und ihre concave Seite aufwärts kehrt. Sie heifst der angegebenen Eigenschaft wegen auch *curva*

1 S. *Centrifugalkraft; Schwungkraft.*

2 Acta Erud. Lips. 1689. p. 195.

descensus aequabilis[1]. Sie gab Veranlassung zu einer andern Aufgabe, nämlich diejenige Curve zu finden, in welcher ein Körper fallen müſste, um sich in gleichen Zeiten einem gegebenen Puncte um gleiche Räume zu näheren oder davon zu entfernen. Leibnitz nannte sie *isochrona paracentrica*[2]. Die zweite dieser merkwürdig gewordenen Curven ist die *Tautochrone*, oder diejenige, in welcher ein schwerer Körper sich bewegend den tiefsten Punct in gleichen Zeiten erreicht, wie groſs auch der durchlaufene Bogen derselben seyn mag. Für ein widerstandleeres Mittel und die Schwere aus solcher Entfernung wirkend gedacht, daſs ihre Richtungen auf die verschiedenen Theile der Curve parallel sind, erfüllt die *Cykloide* diese Bedingung, und kann sonach Tautochrone genannt werden. Sie ist wegen dieser Eigenschaft vorzüglich wichtig geworden durch die von Huygens beabsichtigte Benutzung derselben zur Erhaltung isochronisch schwingender Uhrpendel[3]. Nimmt man zugleich Rücksicht auf den Widerstand des Mittels, so wird die Aufgabe, eine Tautochrone zu finden, ungleich schwieriger, indeſs ist es auch unter dieser Bedingung die Cykloide, oder vielmehr die Epicykloide diejenige Curve, welche derselben Genüge leistet[4]. Eben diese Curve ist auch drittens *Brachystochrone* genannt, weil sich ein schwerer Körper in derselben bewegen muſs, wenn er in der kürzesten Zeit von einem Puncte zu einem andern, weder mit ihm in einer horizontalen Ebene noch auch lothrecht unter ihm liegenden, gelangen will. Die zur Erfüllung dieser Bedingung erforderliche Curve ist eine Cykloide mit horizontaler Basis[5].

In der Mechanik kommt noch eine Art der Bewegung auf vorgeschriebenem Wege in Untersuchung, welche hier wenigstens erwähnt werden möge, nämlich auf einer gege-

---

1 Klügel Math. Wörterb. III. 725. Vergl. Maupertuis in Mém. de l'Acad. 1730. p. 233, welcher auch auf den Widerstand der Mittel Rücksicht nimmt.

2 Montucla Hist. des Math. II. 466.

3 S. *Pendel*.

4 Euler Com. Pet. VII. 49. Mech. II. p. 202 und 292. Ueber das Geschichtliche S. Montucla a. a. O. III. 654.

5 Euler Mech. II. 174. Vergl. Montucla II. 472.

benen Oberfläche. Trennen wir hiervon zuerst die Bewegung auf der geraden geneigten Ebene, welche hierbei nicht berücksichtigt zu werden pflegt, so ist die Bahn des bewegten Körpers entweder eine Linie einfacher oder doppelter Krümmung. Das erstere findet statt, wenn eine durch die Bahn gelegte Fläche eben ist, z. B. wenn ein an einer in der verlängerten Axe eines Kegels befestigten Linie hängender Körper auf der Oberfläche des Kegels herumliefe; das letztere dagegen, wenn jene Fläche gleichfalls krumm ist, z. B. wenn man eine Cykloide um einen Cylinder wickelte, und einen Körper auf derselben herabfallen ließe. Man findet die Bewegungsgesetze für diese Art der Bewegung, indem man, wie oben, bei der Zerlegung der Kräfte diejenigen aufsucht, welche auf die gegebene Ebene normal gerichtet sind, und diese dann durch den Widerstand derselben als aufgehoben betrachtet, wodurch das Problem im Wesentlichen auf das oben untersuchte zurückkommt[1].

b. Die *nicht freie Bewegung um einen gegebenen Punct* begreift abermals zwei, gleichfalls nicht wesentlich verschiedene, Arten, welche indeß einzeln betrachtet werden können, nämlich zuerst die *oscillatorische* und dann die *um eine feste Axe rotirende* Bewegung. Zur Uebersicht der ersteren, der oscillirenden Bewegung sey ABA' eine gegebene Curve, ohne eine solche Beugung, wodurch eine Verzögerung der Geschwindigkeit entstehen müßte. Die Tangente BT sey horizontal und normal auf die längste Ordinate BP, wonach BP lothrecht, die Ebene der xy aber horizontal ist. Bewegt sich dann ein schwerer Körper auf dieser Curve, so gehört die Aufgabe zu denen unter a betrachteten, und der einfachste Fall wird der seyn, wenn $X = 0$, $Y = 0$ und $Z = g$ genommen wird, oder aber daß die Schwere die einzige beschleunigende Kraft ist. Hiernach wird, wie oben, die Gleichung für die Geschwindigkeit v seyn:

Fig. 209.

$$v^2 = 2gz + V^2.$$

---

1 Euler Mech. II. 457. ff. Poisson Traité de Mécanique. I. 446. ff. Dem letzteren Schriftsteller bin ich in der Darstellung hauptsächlich gefolgt.

Indem aber die Ordinaten (z) von O bis B wachsen und dann wieder abnehmen, so zeigt die Gleichung, daſs der Körper in B sein Maximum der Geschwindigkeit erreicht haben muſs, welche in gleichen Entfernungen von B gleich ist. Weil dieselbe ferner stets abnimmt, und oberhalb O die Gröſse 2 g z verneinend wird, so muſs es irgend einen Punct geben, wo dieselbe = 0 ist. Es sey dieser in A, so folgt aus der Gleichung, daſs die Bewegung hier anfangend wächst, in B am gröſsten, in m und m' gleich ist, mithin allgemein, daſs der Körper vom Anfangspuncte der Bewegung an mit beschleunigter Geschwindigkeit bis B gelangt, dann mit abnehmender Geschwindigkeit A' erreicht, hier sich zu bewegen aufhört, dann durch die Schwere getrieben wieder durch B nach A gelangt, und auf diese Weise stets zwischen A und A' oscillirt, indem er bei gleicher Geschwindigkeit zwischen A B und A'B gleiche Zeiten gebraucht, um den einen oder den andern dieser Bogen zu durchlaufen[1].

Fig. 210. Liefe die Curve in sich selbst zurück, wären die Tangenten an B und B' parallel und horizontal, und bewegte sich der Körper von O aus mit einer solchen Geschwindigkeit durch B, daſs er durch O' bis nach B' gelangte, ohne seine Geschwindigkeit ganz verloren zu haben, so würde er hier die Bewegung aufs neue beginnen, und auf diese Weise beständig um den Mittelpunct der Curve oscilliren.

Die rotirende, oder Rotationsbewegung, wenn man sie bloſs auf einen an einer nicht schweren Linie befindlichen schweren Punct bezieht, welcher sich stets um eine feste Axe drehend bewegt, fällt mit der oscillirenden zusammen. Ist ferner ein Körper von irgend einer Gestalt auf einer gegebenen unbeweglichen[2] Axe befestigt, und wirken auf denselben verschiedene beschleunigende Kräfte, so werden von diesen alle diejenigen = 0 werden, welche auf die Axe senkrecht wirken, dagegen aber wird der Körper durch die-

1 Eine Anwendung dieser Gleichung auf die Pendelschwingungen S. im Artikel *Pendel*.

2 Die Axe wird bloſs hinsichtlich der die Rotation bewirkenden Kräfte als unbeweglich angenommen. Daſs sie übrigens zusamt dem Körper gleichfalls bewegt werden könne, ist oben schon angegeben, und zeigt sich namentlich bei den Himmelskörpern.

jenigen eine um die Axe rotirende Bewegung erhalten, welche nach der Zerlegung der Kräfte mit jenen senkrechten einen rechten Winkel bilden, und in einer auf die Axe senkrechten Ebene liegen. Eben so leicht begreift man, dafs ein jeder einzelner Punct um die feste Axe einen Kreis beschreiben mufs, welcher seiner Entfernung von der Axe direct proportional ist, wodurch die Aufgabe der Bestimmung seiner Bahn gelöset ist. Nimmt man die Rotationsbewegung aber in ihrer Allgemeinheit, so ist zuvörderst zu bemerken, dafs sich in jedem Körper drei rechtwinklige coordinirte Axen annehmen lassen, um deren jede alle zwischen mehr oder minder genäherten, mit der Ebene der beiden andern Axen parallelen Ebenen liegende Theile des Körpers rotiren können. Soll dann die Aufgabe umfassend behandelt werden, und will man insbesondere den Druck bestimmen, welchen bei gegebener Geschwindigkeit die rotirenden Theile gegen die feste Axe ausüben, so wie die Kraft, welche aus der Masse und der Geschwindigkeit des bewegten Körpers erwachsen, so mufs zugleich die Schwungkraft und das Moment der Trägheit zur Untersuchung kommen, und die Aufgabe gehört dann unter die schwierigern geometrischen Probleme. Ohne in jene Untersuchungen tiefer einzugehen[1] mögen daher hier nur die allgemeinsten Gesetze der Rotationsbewegung betrachtet werden.

Denkt man sich also die verschiedenen Theile M, M′, M″... eines Körpers an der Linie AL befestigt und gemeinschaftlich um den Punct A beweglich, so werden sie, durch irgend eine Kraft, z. B. die Schwere, getrieben, sämmtlich in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreiben, und man nennt ihre Geschwindigkeit hiernach die *Winkelgeschwindigkeit*. Sie ist eine constante Gröfse, wenn man die absolute Geschwindigkeit durch die Entfernung vom Mittelpuncte dividirt. Indem ferner bei dem geringen Unterschiede der Entfernungen dieser einzelnen Theile vom Centrum der Erde alle in gleichen Zeiten gleiche Räume herabfallen müfsten, demnach aber nur die ungleichen Räume JK, J′K′, J″K″ herabfallen, so geht hieraus hervor,

Fig. 211.

1 S. *Schwungkraft*, *Moment der Trägheit*.

dafs sie sich in ihrer Bewegung gegenseitig bedingen. Es sind aber die Räume JK, J′K′, J″K″... den Bogen MK, M′K′, M″K″.... und also den Radien AM, AM′, AM″... direct proportional, woraus hervorgeht, dafs die Geschwindigkeiten der einzelnen Puncte des Systemes der Entfernungen vom Centrum proportional sind, statt dafs sie, jeder einzeln der Schwere frei folgend, gleiche Geschwindigkeiten haben würden. Soll also ein Körper, oder ein System von schweren Puncten um eine durch den Punct A gehende, lothrecht auf die Ebene desselben gerichtete Axe gedrehet werden, und zerlegt man denselben in eine unendliche Menge paralleler, auf die Axe lothrecht gerichteter Ebenen mon, m′o′n′, m″o″n″.... so werden die einzelnen Puncte m, m′, m″.... bei einem Umschwunge die Kreise mon, m′o′n′, m″o″n″... durchlaufen, und also in gleichen Zeiten Bogen von gleich viel Graden zurücklegen. Heifst dann die Geschwindigkeit eines in der als Einheit genommenen Entfernung eA befindlichen Punctes ω, und sind die Abstände der Puncte m, m′, m″.... vom Centro = r, r′ r″... so sind ihre Geschwindigkeiten = $r\omega$, $r'\omega$, $r''\omega$.... Bezeichnet man ferner durch v, v′, v″.... die mitgetheilten Geschwindigkeiten (ohne alle Rücksicht auf die Schwere) so werden die hierdurch erhaltenen mechanischen Momente der Bewegung mv, m′v′, m″v″.... seyn, und es wird für den Fall einer *gleichförmigen Bewegung um eine feste Axe* der Zustand des Gleichgewichts statt finden, wenn mv, m′v′, m″v″... = — $mr\omega$, $m'r'\omega$, $m''r''\omega$.... ist [1].

Fig. 212.

1 Dieser Satz gehört unter das allgemeine dymanische Princip des d'Alembert, wodurch er die mechanisch wirkenden Kräfte auf die statischen zurückführt, indem er das Gleichgewicht der verschiedenen Kräften oder Geschwindigkeiten, welche auf die einzelnen verbundenen, und dadurch in ihrer freien Bewegung gehinderten Puncte eines festen Körpers wirken, so construirt, dafs die entgegengesetzten einander aufheben. Nennt man also die auf die verschiedenen einzelnen Puncte eines Körpers m, m′, m″.... wirkenden Geschwindigkeiten v, v′, v″... (welche man als bekannt voraussetzt) wenn ihre Wirkungen als von einander unabhängig angenommen werden, heifsen sie dagegen u, u′, u″... wenn diese einzelnen Puncte auf eine unveränderliche Weise mit einander verbunden sind, und sucht man die Componirenden von v, v′, v″...;

Hinsichtlich auf die ersteren Kräfte fälle man durch die Angriffspuncte derselben Ebenen normal auf die Umdrehungsaxe, und zerlege sie selbst in zwei andere, die eine in den genannten Ebenen liegend, die andere parallel mit der Axe. Sind dann die Winkel, welche die Richtungen der bewegenden Kräfte v, v', v''... mit diesen Ebenen machen $= \Theta, \Theta', \Theta''$.....; so sind die in diesen Ebenen liegenden Componirenden $= mv. \text{Cos.}\, \Theta, m'v'. \text{Cos.}\, \Theta', m''v''. \text{Cos.}\, \Theta''$..... wobei es überflüssig ist, die Kräfte $mr\omega$, $m'r'\omega$, $m''r''\omega$.... auf eine gleiche Weise zu zerlegen, indem ihre Richtungen in den auf die Axe senkrechten Ebenen angenommen sind. Es sey dann ABC eine solche Ebene, welche die feste Axe CD in C trifft, und auf diese mögen die sämmtlichen Kräfte projicirt seyn, deren Richtungen durch diese Projectionen bezeichnet werden. Das Gleichgewicht findet statt, wenn die Summe der Momente der Kräfte, welche eine Umdrehung um den Punct C bewirken, den ihnen entgegenwirkenden gleich sind.

Fig. 213.

Die Richtungen der Kräfte $mr\omega$, $m'r'\omega$, $m''r''\omega$.... sind Tangenten derjenigen Kreise, welche mit den Radien r, r', r''... um das Centrum C beschrieben werden, und deren Momente daher $mr^2\omega$, $m'r'^2\omega$, $m''r''^2\omega$..... den Körper in einer entgegengesetzten Richtung umzudrehen streben,

---

so kann man die einen dieser Componirenden willkührlich annehmen. Diesemnach sey u die eine Componirende von v, die andere werde U, genannt; so sind u und U die Componirenden von v, u' und U' von v', u'' und U'' von v''..... Indem aber die mechanischen Momente der einzelnen Puncte als frei gedacht $= mv, m'v', m''v''$.... seyn würden, so sind sie hiernach mu, $m'u'$ $m''u''$.... und mU, $m'U'$, $m''U''$,.... Indem man aber mv, $m'v'$, $m''v''$...., als die Diagonalen von mu und mU, $m'U'$ und $m''U''$, $m''u''$ und $m''U''$... ansehen kann, so werden mU, $m'U'$ $m''U''$....verschwinden, und die mechanischen Momente auf mu, $m'u'$, $m''u''$.... zurückgeführt seyn. Weil aber unter drei Kräften allezeit Gleichgewicht statt finden wird, wenn eine derselben der Resultirenden der beiden übrigen gleich und entgegengesezt ist, so müssen mu und $mU = -mv$, und diesemnach mufs auch mU die Resultirende von $-mu$ und $+mv$ seyn, also allgemein tritt der Zustand des Gleichgewichts ein, wenn mu, $m'u'$, $m''u''$... und mv, $m'v'$, $m''v''$.... einander entgegengesetzt sind. S. d'Alembert Traité de Dynamique. Par. 1748. Vergl. Poisson. II. 42.

dafs sie sich in ihrer Bewegung gegenseitig bedingen. Es sind aber die Räume JK, J'K', J''K''... den Bogen MK, M'K', M''K''.... und also den Radien AM, AM', AM''... direct proportional, woraus hervorgeht, dafs die Geschwindigkeiten der einzelnen Puncte des Systemes der Entfernungen vom Centrum proportional sind, statt dafs sie, jeder einzeln der Schwere frei folgend, gleiche Geschwindigkeiten haben würden. Soll also ein Körper, oder ein System von Fig. schweren Puncten um eine durch den Punct A gehende, 212. lothrecht auf die Ebene desselben gerichtete Axe gedrehet werden, und zerlegt man denselben in eine unendliche Menge paralleler, auf die Axe lothrecht gerichteter Ebenen mon, m'o'n', m''o''n''.... so werden die einzelnen Puncte m, m', m''.... bei einem Umschwunge die Kreise mon, m'o'n', m''o''n''... durchlaufen, und also in gleichen Zeiten Bogen von gleich viel Graden zurücklegen. Heifst dann die Geschwindigkeit eines in der als Einheit genommenen Entfernung cA befindlichen Punctes ω, und sind die Abstände der Puncte m, m', m''.... vom Centro = r, r' r''... so sind ihre Geschwindigkeiten = rω, r'ω, r''ω..... Bezeichnet man ferner durch v, v', v''.... die mitgetheilten Geschwindigkeiten (ohne alle Rücksicht auf die Schwere) so werden die hierdurch erhaltenen mechanischen Momente der Bewegung mv, m'v', m''v''.... seyn, und es wird für den Fall einer *gleichförmigen Bewegung um eine feste Axe* der Zustand des Gleichgewichts statt finden, wenn mv, m'v', m''v''... = — mrω, m'r'ω, m''r''ω.... ist [1].

---

1 Dieser Satz gehört unter das allgemeine dymanische Princip des d'Alembert, wodurch er die mechanisch wirkenden Kräfte auf die statischen zurückführt, indem er das Gleichgewicht der verschiedenen Kräften oder Geschwindigkeiten, welche auf die einzelnen verbundenen, und dadurch in ihrer freien Bewegung gehinderten Puncte eines festen Körpers wirken, so construirt, dafs die entgegengesetzten einander aufheben. Nennt man also die auf die verschiedenen einzelnen Puncte eines Körpers m, m', m''.... wirkenden Geschwindigkeiten v, v', v''... (welche man als bekannt voraussetzt) wenn ihre Wirkungen als von einander unabhängig angenommen werden, heifsen sie dagegen u, u', u''... wenn diese einzelnen Puncte auf eine unveränderliche Weise mit einander verbunden sind, und sucht man die Componirenden von v, v', v''...;

Hinsichtlich auf die ersteren Kräfte fälle man durch die Angriffspuncte derselben Ebenen normal auf die Umdrehungsaxe, und zerlege sie selbst in zwei andere, die eine in den genannten Ebenen liegend, die andere parallel mit der Axe. Sind dann die Winkel, welche die Richtungen der bewegenden Kräfte v, v', v''... mit diesen Ebenen machen $= \Theta$, Θ', Θ''.....; so sind die in diesen Ebenen liegenden Componirenden $= mv. \text{Cos.}\ \Theta, m'v'. \text{Cos.}\ \Theta', m''v''. \text{Cos.}\ \Theta''$..... wobei es überflüssig ist, die Kräfte $mr\omega, m'r'\omega, m''r''\omega$.... auf eine gleiche Weise zu zerlegen, indem ihre Richtungen in den auf die Axe senkrechten Ebenen angenommen sind. Es sey dann ABC eine solche Ebene, welche die feste Axe CD in C trifft, und auf diese mögen die sämmtlichen Kräfte projicirt seyn, deren Richtungen durch diese Projectionen bezeichnet werden. Das Gleichgewicht findet statt, wenn die Summe der Momente der Kräfte, welche eine Umdrehung um den Punct C bewirken, den ihnen entgegenwirkenden gleich sind.

Fig. 213.

Die Richtungen der Kräfte $mr\omega, m'r'\omega, m''r''\omega$.... sind Tangenten derjenigen Kreise, welche mit den Radien r, r', r''... um das Centrum C beschrieben werden, und deren Momente daher $mr^2\omega, m'r'^2\omega, m''r''^2\omega$..... den Körper in einer entgegengesetzten Richtung umzudrehen streben,

---

so kann man die einen dieser Componirenden willkührlich annehmen. Diesemnach sey u die eine Componirende von v, die andere werde U genannt; so sind u und U die Componirenden von v, u' und U' von v', u'' und U'' von v''..... Indem aber die mechanischen Momente der einzelnen Puncte als frei gedacht $= mv, m'v', m''v''$.... seyn würden, so sind sie hiernach $mu, m'u'$ $m''u''$.... und mU, $m'U'$, $m''U''$,.... Indem man aber mv, $m'v'$, $m''v''$ .... als die Diagonalen von mu und mU, $m'U'$ und $m''U''$, $m''u''$ und $m''U''$.. ansehen kann, so werden mU, $m'U'$ $m''U''$.... verschwinden, und die mechanischen Momente auf $mu, m'u', m''u''$.... zurückgeführt seyn. Weil aber unter drei Kräften allezeit Gleichgewicht statt finden wird, wenn eine derselben der Resultirenden der beiden übrigen gleich und entgegengesezt ist, so müssen mu und $mU = -mv$, und diesemnach muſs auch mU die Resultirende von $-mu$ und $+mv$ seyn, also allgemein tritt der Zustand des Gleichgewichts ein, wenn $mu, m'u', m''u''$.... und $mv, m'v', m''v''$.... einander entgegengesetzt sind. S. d'Alembert Traité de Dynamique. Par. 1748. Vergl. Poisson. II. 42.

als in welcher die Umdrehung statt findet. Die Summe derselben ist ω ($mr^2 + m'r'^2 + m''r''^2 + \ldots$), welche durch Σ bezeichnet $= \omega . \Sigma mr^2$ ist. Von den Kräften mv. Cos. Θ, m' v'. Cos. Θ'... wird der gröfste Theil den Körper in derjenigen Richtung umzudrehen streben, in welcher die Umdrehung wirklich statt findet, der kleinere in der entgegengesetzten, und wenn man beide summirt, und die kleinere Summe von der gröfsern abzieht, so bleibt eine Differenz der positiven Kräfte, welche L heifsen möge. Streben alle diese Kräfte den Körper nach der nämlichen Seite umzudrehen, und heifsen p, p', p''.... die Perpendikel von C aus auf ihre Richtungen in der Ebene ABC; so ist

$$L = mvp . \text{Cos.}\, \Theta + m'v'p' . \text{Cos.}\, \Theta' + m''v''p''\, \text{Cos.}\, \Theta'' + \ldots = \Sigma mvp . \text{Cos.}\, \Theta.$$

und das Gleichgewicht wird hergestellt seyn, wenn $L = \omega . \Sigma mr^2$, wodurch also die Winkelgeschwindigkeit $= \omega$ bestimmt werden kann, wenn m, r, v, p und Θ für jeden Punct des Körpers bekannt sind, und die Bewegung um die feste Axe mufs gleichförmig seyn.

Wären die Geschwindigkeiten v, v', v''... alle gleich, unter einander parallel und läge ihre Richtung in der auf die Axe parallelen Ebenen, so wäre $\Theta = 0$, also Cos. $\Theta = 1$. Wird dann ihr gemeinschaftlicher Werth v genannt, so würde $L = v . \Sigma mp$. Legt man ferner durch die Axe eine der Richtung der Geschwindigkeiten parallele Ebene ACD, so werden die Linien p, p', p''.... Perpendikel von den Puncten m, m', m''...., auf diese Ebene seyn. Nennt man M die Summe dieser einzelnen Massen m, m', m''... h den Perpendikel von diesem Systeme auf die Ebene ACD; so ist (mit Rücksicht auf den Schwerpunct) $\Sigma mp = Mh$, also $L = Mvh$, und die Gleichung wird: $\omega . \Sigma mr^2 = Mvh$. Wäre die Geschwindigkeit nur *einem* Theile der Massen, deren Summe p *heifsen* möge, mitgetheilt, und f der Perpendikel vom Schwerpuncte derselben auf die Ebene ACD, so würde die Gleichung seyn:

$$\omega . \Sigma mr^2 = \mu vf.$$

Die einzelnen Puncte m, m', m''..... lassen sich als die Elemente eines Körpers ansehen. Heifst dann dm ein Differential derselben, r der Abstand von der Axe, so bezeich-

net $\int r^2 dm$ die Masse des Körpers, und $\omega = \frac{\mu v f}{\int r^2 dm}$ die Winkelgeschwindigkeit eines Körpers um eine feste Axe, wenn man einen Theile seiner Masse $= \mu$ eine Geschwindigkeit $= v$ mittheilt, deren Richtung in einer auf die Axe lothrechten Ebene liegt, und bei welcher f den Perpendikel vom Scherpuncte der Masse μ auf die genannte Ebene bezeichnet [1].

Diese allgemeinen Andeutungen genügen zur Darstellung einer Art der Bewegung, welche in der Natur häufig vorkommt, z. B. bei der Axendrehung der Erde, beim Schwungrade, bei der drehenden Bewegung der Geschützkugeln und in unzählig vielen andern Fällen [2].

Noch könnten hier auch *die Hindernisse der Bewegung* untersucht werden, deren es zwar, die Sache in gröſster Allgemeinheit genommen, sehr viele geben kann, allein in der Mechanik versteht man hierunter nur drei, nämlich die *Steifheit der Seile*, die *Reibung* und den *Widerstand der Mittel.* Hiervon gehört das erstere ganz eigentlich in die praktische Maschinenlehre, und darf daher hier nur kurz berührt werden, die zwei andern dagegen, auf ein eigentliches Naturgesetz gegründet, werden am gehörigen Orte ausführlicher untersucht werden [3]. Daſs die Steifheit der Seile, wenn diese um Rollen oder Walzen gebogen werden, die Bewegung hindern müsse, und die geometrische Schärfe der Resultate aus der Vergleichung der bewegenden Kräfte mit den erhaltenen Wirkungen modificire, fällt von selbst in die Augen. Indeſs gilt in der Mechanik noch immer die genäherte, aus den Versuchen von Amoutons durch Karsten [4] und Langsdorf [5] entwickelte Formel, wonach $S = \frac{0{,}187 \cdot \delta}{r} \cdot Q$, oder für die Ausübung

1 Poisson II. 62.

2 Eine gehaltreiche und ausführliche Abhandlung über die Rotationsbewegung von P. Frisius findet man in Com. Soc. Bonon. VI. 45.

3 S. *Reibung. Widerstand der Mittel.*

4 Lehrbegriff d. Math. IV. 499.

5 Handbuch der gemeinen u. höheren Mechanik. Heidelb. 1807. p. 59.

sicherer $S = \frac{0,2 \cdot \delta}{r} . Q$ ist, wenn S die Steifheit der Seile, Q den das Seil spannenden Widerstand, δ der Durchmesser des Seiles *in par.* Lin. und r den Halbmesser des Kreises, um welchen das Seil gespannt ist, bezeichnet[1]. *M.*

Biegsamkeit.

Beugsamkeit; Flexibilitas; Flexibilité; *Flexibility;* ist diejenige Eigenschaft der Körper, vermöge welcher sie einer äufsern biegenden Gewalt *nachgeben* und ihre Form ändern, oder sich biegen, sich beugen. Da die Sache genugsam bekannt ist, so bedarf es keiner weiteren gründlichern Definition, und es genügt nur zu bemerken, dafs diese Eigenschaft genau und direct der Steifheit, dann aber auch der Sprödigkeit entgegensteht; Ersteres hinsichtlich der zur Formänderung erforderlicher Gewalt, Letzteres aber der Möglichkeit eines Gebogenwerdens überhaupt, indem die Sprödigkeit ihrem Wesen nach keine Biegung der Körper zuläfst. Sie steht ferner der Weichheit und Zähigkeit zur Seite, indem weiche Körper leicht jede Formänderung gestatten, zähe aber einer formändernden, dadurch aber zugleich zerbrechenden, Gewalt besser widerstehen.

Die Eigenschaft selbst gehört ihrer Wesenheit nach unter die *relativen,* indem sie sich mehr oder minder ausgezeichnet bei den verschiedenen Körpern und unter verschiedenen Bedingungen findet. Absolut unbiegsam ist sicher kein Körper, vorzugsweise biegsam aber sind unter den unorganischen Körpern die Metalle, unter den organischen die frischen Pflanzen und alle Bestandtheile der thierischen Körper, mit Ausnahme der Knochen. Bei der ersteren Art von Körpern wird die Biegsamkeit vorzüglich durch die Wärme bedingt, indem

1 Ausser der schon erwähnten Literatur können noch angeführt werden Huygens Abhandl. über die allgemeinen Gesetze der Bewegung in Journ. des Savans. 1669 und Phil. Tr. III. 925. Joh. Bernoulli Opp. III, 1, Hermanni Phoronomia. Amst. 1716. 4. Euler in Mém. de Berl. 1751. 169. und in seinen zahlreichen Abhandl. in den Petersb. Comment. Wallis in Phil. Tr. 1668. III. 861. Varignon in Mém. de l'Ac. X 153. Riccati in Comm. Bonon. V. 1. Klügel in Eberhard's Philos. Mag. 1. 4. II. 1. u. v. a. nebst den Werken über die Mechanik.

diese zwar allgemein die Biegsamkeit vermehrt, einige Metalle aber, namentlich Messing, in hoher Temperatur leicht zerbrechen; bei der letzteren Classe aber wird allgemein die Biegsamkeit durch den gemeinschaftlichen Einfluſs der Feuchtigkeit und Wärme vermehrt. Man pflegt daher Bretter, Stäbe u. dgl., welche man in gewisse Formen beugen will, z. B. beim Schiffsbaue, vorher zu befeuchten und zu erwärmen. Uebrigens wird zwar diese Eigenschaft gelegentlich genugsam beachtet, absichtlich aber nur im Maschinenwesen bei der für die Steifheit der *Seile* nöthigen Correction mit in Rechnung genommen, desgleichen bei der Untersuchung der relativen Festigkeit der Körper [1]. Die verschiedenen andern Fälle, wobei dieselbe in Betrachtung kommt, einzeln aufzusuchen, würde ohne wesentlichen Nutzen seyn.

Rücksichtlich des Zusammenhanges dieser Eigenschaft mit den allgemeinen Naturgesetzen kann dieselbe, als relativ, der Materie nicht absolut eigen seyn, und muſs vielmehr in der eigenthümlichen Anordnung und Lage der Bestandtheile der Körper ihren Grund haben. Indem wir hierüber aber bis jetzt noch so wenig wissen, so würde es zweckwidrig seyn, bei der Erörterung dieser einzelnen Eigenschaft in tiefere Untersuchungen einzugehen [2]. *M.*

Bild.

Imago; Image; *Image;* nennt man in der Optik diejenige Vereinigung der Lichtstrahlen, wodurch das Sehen eines Gegenstandes bedingt wird. Eine solche findet auf allen Fall auf der Netzhaut statt, wenn ein Object gesehen werden soll, auſserdem aber erzeugen auch Spiegel und Linsengläser Bilder, welche dann gleichfalls durch das Auge wahrgenommen werden. Den Ausdruck, daſs wir ein Bild des Gegenstandes sehen, brauchen wir allemal da, wo Lichtstrahlen nicht in gerader Linie zu unserm Auge kommen, und wir daher den Gegenstand an einem Orte zu sehen glauben, wo er sich nicht befindet. Man muſs hier die Fälle unterscheiden, wo sich wirkliche Bilder des Gegenstandes darstellen, und die

1 S. *Cohäsion.*
2 S. *Materie.*

Fälle, wo wir, ohne daſs wir ein solches wirkliches Bild vor Augen haben, den Gegenstand abgebildet sehen.

Ein wirkliches Bild des Gegenstandes entsteht da, wo die von *einem* Puncte desselben ausgehenden Strahlen sich wieder in *einem* Puncte vereinigen, wenn dieses für jeden Punct des Gegenstandes gilt. Auf diese Weise bilden sich hinter den convexen Gläsern, und vor den Hohlspiegeln Bilder des Gegenstandes. Wenn nämlich das von A ausgehende Licht sich in B, das von C ausgehende Licht sich in D vereiniget, so entsteht offenbar, indem dies für alle einzelnen Puncte gilt, eine Reihe erleuchteter Puncte bei BD, die den zwischen AC liegenden Puncten entsprechen. Wäre zum Beispiel A roth und C blau, der Zwischenraum aber mit verschiedenfarbigen Puncten ausgefüllt, so würde B roth D blau erleuchtet seyn, und da ebenso jeder zwischen A und C liegende Punct einen ihm entsprechenden Punct bei BD erleuchtet, so stellt sich uns ein Bild von AC in BD dar. Diese Betrachtung läſst sich auf die Puncte im Umfange des Gegenstandes anwenden, durch welche sich der Umfang des Bildes bestimmt, u. s. w. Uebrigens ist es nicht gerade nothwendig, daſs das Bild dem Gegenstande ähnlich sey, oder der Umriſs des einen ähnlich dem Umrisse des andern, sondern hierbei können, so wie die Form des brennenden Mittels oder des Spiegels es fordert, Verschiedenheiten statt finden.

Fig. 214.

Ein solches Bild der vor dem Convexglase stehenden Gegenstände sieht man hinter dem Glase, wenn man die Strahlen an dem gehörigen Orte auf einem Papiere auffängt. Auf ähnliche Weise kann man es auch vor dem Hohlspiegel sehen, aber da läſst es sich sogar, wenn der Beobachter sich in der passenden Stellung befindet, als vor dem Spiegel in der Luft schwebend wahrnehmen. Solche Bilder sind es, welche die Camera obscura darstellt; so entsteht ein Bild auf der Netzhaut des Auges, so entsteht das Bild im Fernrohre, welches wir mit Hülfe des Augenglases betrachten u. s. w.

Der Ort dieses Bildes läſst sich geometrisch bestimmen, wie in dem Art. Hohlspiegel (sphärischer Nr. 1. 2.) und Linsengläser Nr. 5 gezeigt wird. Dagegen können wir das Bild im gewöhnlichen Spiegel nicht in dem eben erklärten Sinne

ein *wirkliches* Bild nennen, weil die Strahlen nicht wirklich *in* dem Puncte vereiniget werden, von welchem *sie* dem in den Spiegel sehenden Auge herzukommen scheinen. Gleichwohl reden wir auch hier von dem Orte des Bildes, und wir wollen nun sehen, mit welchem Rechte.

Da wo ein wirkliches Bild gesehen wird, erscheint uns dieses, mit bloſsem Auge gesehen, ebenso wie ein andrer Gegenstand an *seinem* wahren Orte. Wir urtheilen über diesen wahren Ort am richtigsten, wenn wir entweder mit beiden Augen sehen, oder, falls nur das eine Auge gebraucht wird, dieses ein wenig hin und her bewegen, um durch die verschiedene Richtung, in welcher die Strahlen zu dem Auge gelangen, wenn es verschiedene Stellungen einnimmt, den wahren Ort des Gegenstandes oder hier des Bildes zu beurtheilen. Wo man diese Mittel *nicht* anwendet, da würde das Auge nur die Richtung, woher der Strahl kömmt, empfinden und über die Entfernung ungewiſs bleiben, wenn nicht etwa die Vergleichung der neben liegenden Gegenstände oder die scheinbare Gröſse und dergleichen unser Urtheil leitet.

Auf ähnliche Weise bestimmen wir auch den wahren Ort des Bildes, selbst da, wo es nur ein scheinbares ist. Im ebnen Spiegel CH zum Beispiel sehen wir den Gegenstand A so, als ob er sich in B befände, (wenn nämlich AB senkrecht gegen die Ebene des Spiegels und CB = CA ist); unser Auge mag in F, G, oder wo sonst seyn, allemal muſs es sich nach B wenden, um das scheinbare Bild im Spiegel zu sehen, und B heiſst also wieder mit allem Rechte der Ort des Bildes. Unser Urtheil bestimmt sich noch ungefähr ebenso da, wo auch das Bild nicht so einen ganz unveränderlichen Ort einnimmt, und wir sagen daher zum Beispiel, der Boden des mit Wasser gefüllten Gefäſses scheine uns gehoben, oder höher zu liegen, wenn wir senkrecht auf die Wasserfläche sehen, weil die von demselben Puncte des Bodens zu beiden Augen gelangenden Strahlen einen höher liegenden Durchschnittspunct haben[1]. Hiernach könnte man also die Regel angeben, daſs der wahre Ort des scheinbaren Bildes

Fig. 215.

---

1 Vergl. *Brechung* Nr. 17.

da sey, wo sich die beiden Lichtstrahlen durchschneiden, die zu beiden Augen oder zu zwei nahe bei einander liegenden Stellungen desselben Auges gelangen.

Aber ein schwieriger Fall ist noch übrig. Wir sehen auch da Bilder im Spiegel, wo dieser Durchschnittspunct hinter uns liegt. Im Hohlspiegel vereinigen sich die Strahlen, welche von einem zwischen Mittelpunct und Brennpunct liegenden Puncte ausgehen, jenseits des Mittelpunctes, und der Beobachter, der gegen den Spiegel zu sieht, kann seine Stellung so wählen, daſs dieses eigentliche Bild hinter ihm liegt, während sein Auge die vom Spiegel zurückgeworfenen Strahlen empfängt. Hier fehlt dem Auge ganz das Mittel zur Bestimmung der Entfernung, und die Frage, wohin man das gesehene Bild versetzen solle, fällt ganz weg. Selbst das Sehen mit beiden Augen führt hier zu keiner Bestimmung. In diesem Falle bleibt also unser Urtheil über die Entfernung ganz unbestimmt, und am gewöhnlichsten mag der Beobachter sich veranlaſst finden, das Bild als auf dem Spiegel selbst erscheinend anzusehen. — Nach Zachariae's[1] Bemerkung findet diese Unsicherheit in Bestimmung der Entfernung schon statt, wenn man das *wirkliche* Bild eines ruhenden Gegenstandes mit einem Auge in unbeweglich gehaltener Stellung betrachtet, und auch da ist man am geneigtesten, das Bild auf den Spiegel selbst zu verlegen, statt daſs es sogleich in seinen eigentlichen Ort rückt, sobald man mit beiden Augen sieht, oder das Auge bewegt oder auch den Gegenstand bewegt[2].

Auf einer geschickten Anwendung der wirklichen Bilder, die der Hohlspiegel und die Laterna magica hervorbringen, beruhen die optischen Künste der Geistererscheinungen u. dgl.[3]. *B.*

---

1 G. XLVI. 315. und in seiner Schrift: Systematische Darstellung der Erschein. welche der sphär. Hohlspiegel gewährt. Leipz. b. Vogel. womit Kästners Abh. in den Nov. Comm. soc. Gotting. VIII. 96. zu vergleichen ist.

2 Mehreres hierüber im Art. *Gesicht*; auch in Barrow lectiones opticae p. 56. und Smith Optik übers. v. Kästner S. 398. 401.

3 Priestley Gesch. d. Optik von Klügel. S. 57.

Binoculartelescop.

Tubus binocularis; Telescope binoculaire; *Binocle or binocular Telescope.* Zwei Fernröhre oder Telescope so verbunden, daſs man ihre Axen nach einem Gegenstande richten und diesen mit beiden Augen zugleich betrachten kann. Gehler der ein solches Fernrohr gesehen hat, sagt, daſs man die Gegenstände lebhafter und anscheinend näher sehe, und daſs man sich gleichsam mehr in die Scene, die man übersah, hinein versetzt glaubte. Die Erfindung rührt von Rheita her[1], Cherubin d'Orleans hat es empfohlen[2], aber Montucla hält die mit der Stellung verbundenen Unbequemlichkeiten für zu groſs in Vergleichung gegen die Vortheile, die es gewähren soll. *B.*

Birnprobe.

Index raritatis in vacuo Boyliano, index pyriformis; pear - gage; ist ein von Smeaton[3] erfundener Apparat, um die absolute Luftverdünnung unter dem Recipienten einer Luftpumpe zu messen. In dem oberen Ende eines gehörig ausgekochten Barometers ist nämlich gar keine Luft vorhanden, oder aber es findet sich dort ein vollkommenes (Torricellisches) Vacuum, unter dem Recipienten einer Luftpumpe kann aber nur ein unvollkommenes (Guerickesches, Boylesches) Vacuum seyn[4]. Vergleicht man beide leere Räume vermittelst des Barometers, so erhält man den Unterschied derselben und hierdurch den Grad der Verdünnung der unter dem Recipienten noch vorhandenen expansibelen Flüssigkeiten. Obgleich es nun bei den allermeisten Versuchen durchaus nicht auf die Beschaffenheit, *sondern bloſs* auf die Elasticität dieser Flüssigkeiten ankommt, so übersah doch Smeaton insbesondere bei der damals noch üblichen Methode, *ein nasses Leder unter den Rand der Campanen zu* legen, den Umstand nicht, daſs allezeit ein gröſserer oder geringerer Antheil Dampf der unter der Campane noch befindlichen Luft beigemischt ist, und daher ein anderes Werk-

1 Oculus Enochi *atque* Eliae. Antv. 1665.

2 Dioptrique oculaire. Paris. 1671.

3 Phil. Tr. XLVII. art. 69.

4 S. *Luftpumpe.*

zeug, als ein bloſser Elasticitätszeiger erfordert wird, wenn man den Grad der Verdünnung der eigentlichen Luft finden will. Bei den gegenwärtig verbesserten Luftpumpen wird in der Regel die Luft unter der Campane nicht feuchter seyn, als im gewöhnlichen mittleren Zustande, und wenn daher Luft und Dampf im Verhältniſs ihrer vorhandenen Gesammtmengen durch Exantliren weggenommen werden, so kann die Birnprobe nicht mehr leisten, als jeder Elasticitätszeiger, wohl aber unrichtige Resultate geben, wenn sich Feuchtigkeit im oberen Theile der engen Röhre befindet. Indem aber noch auſserdem der Unterschied zwischen Gasarten und Dämpfen nach den neuesten Entdeckungen immer mehr verschwindet, so liegt in allem diesem Grund genug, daſs die früher so hochgeschätzte Birnprobe gegenwärtig kaum mehr beachtet wird, und unter den physikalischen Apparaten füglich entbehrt werden kann. Es wird daher genügen, sie nur kurz zu beschreiben.

Fig. 216. Die unter der Campane a befindliche cylindrische, etwa 6 Z. lange, 0,2 Lin. weite und oben verschlossene Glasröhre sr erweitert sich unten in den birnförmigen Bauch r. Sie ist nach ihrem Inhalte von unten an, den Raum in der Birn mitgerechnet, so getheilt, daſs die mit Diamant eingeschnittenen Zahlen 2000, 1000, 750, 500 . . . 25 den aliquoten Theil des Ganzen von oben an gerechnet, angeben, also den 2000sten, den 1000sten u. s. w. Unter der freien Oeffnung der Birn steht ein Gefäſs g mit Quecksilber. Beim Exantliren muſs die Verdünnung in der Birnprobe genau so, als unter der Campane seyn, und drückt man daher die Oeffnung derselben vermittelst des Drahtes l in das Quecksilber, läſst dann die äuſsere Luft zutreten, so wird diese den Grad der Verdünnung durch die Höhe zeigen, bis zu welcher das Quecksilber in der Röhre der Birnprobe hinaufgedrückt wird. Die im oberen Ende zusammengedrückte Luft ist indeſs um so viel dünner im Verhältniſs zu der äuſsern, als sie durch den Druck der Quecksilbersäule qr ausgedehnt wird. Um aber eine Correction dieser Gröſse zu ersparen, hebt man die Birnprobe vermittelst des Drahtes l wieder aus dem Quecksilber, worauf dasselbe aus dem weiteren birnförmigen Raume ausläuft, in der engen Röhre aber hängen bleibt.

Nimmt man sie dann unter der Campane weg und hält sie horizontal, so giebt die Gröfse des oberen, vom Quecksilber nicht erfüllten Theiles durch die aufgezeichnete Zahl den Grad der Verdünnung an[1]. *M.*

Blase. S. Luftblase.

Blendung.

Bedeckung der Gläser; *Annulus aperturam lentium definiens;* Anneau, qui couvre les bords des verres dioptriques. In den Artikeln Linsengläser und Abweichung, optische, ist gezeigt, dafs nur die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen sich gut im Brennpuncte vereinigen; aus diesem Grunde ist es nöthig, die weiter gegen den Rand auffallenden Strahlen abzuhalten, und dieses geschieht durch den Ring, welcher die Blendung oder Bedeckung der Gläser heifst. Gewöhnlich ist diese, aus Pappe, Holz oder Blech gemachte Blendung schwarz. Die kreisförmige Oeffnung in der Mitte heifst die *Apertur*, oder *Oeffnung.*

Die Blendungen für die Augengläser sind Ringe, welche inwendig in den Röhren da angebracht werden, wo die Vereinigungspuncte der Strahlenkegel liegen[2]. *B.*

Blei.

Plumbum, Saturnus; Plomb; *Lead.* Dieses Metall findet sich vorzüglich als Schwefelblei, und als Bleioxyd mit verschiedenen Säuren verbunden. Letztere Verbindungen bedürfen meistens blofs des Schmelzens mit Kohle, um daraus das Blei zu erhalten. Das Schwefelblei wird entweder zuerst durch Rösten von einem Theil seines Schwefels befreit und dann mit Kohle geschmolzen; oder man verschmelzt es im ungerösteten Zustande mit Eisen oder einem Eisenerz und Kohle, wobei Schwefeleisen und metallisches Blei erhalten wird.

---

1 Auch Nairne in Phil. Tr. LXVII. art. 32. hält viel auf diesen Apparat, und Lichtenberg hat ihn sowohl ausführlich beschrieben, als auch durch eine Zeichnung erläutert in der Vorrede zu Erxlebens Naturlehre Gött. 1784. Ueber die Trüglichkeiten derselben nach verschiedenen Versuchen S. G. G. Schmidt in Gren N. J. III. 150.

2 Vergl. *Fernrohr.*

Das Blei ist sehr weich und biegsam und läfst sich leichter plätten, als zu Draht ziehen; sein spec. Gew. ist nach BRISSON 11,352, nach MORVEAU 11,358. Beim Hämmern nimmt dasselbe nach MORVEAU, durch die Bildung von unganzen Stellen, eher ab als zu, aufser in dem Falle, wenn das Blei nach keiner Seite hin auszuweichen vermag, wo dann das spec. Gew. bis zu 11,388 vermehrt werden kann. Es schmilzt nach BIOT bei 362°, nach NEWTON bei 282°, nach MORVEAU bei 312° und nach DALTON und CRIGHTON bei 322° C. Im Anfange der Weifsglühhitze verdampft dasselbe. Seine Verbindungen sind folgende:

Das *Bleioxyd* (104 Blei auf 8 Sauerstoff) wird im Grofsen theils als ein gelbes Pulver, *Bleigelb*, *Massicot*, theils im unreineren Zustande als eine röthliche krystallinisch schuppige Masse, *Bleiglätte*, erhalten. Es bildet mit Wasser ein weifses Hydrat und mit Säuren die *Bleisalze*. Diese werden vorzüglich daran erkannt, dafs sie beim Schmelzen mit Kohle und kohlensaurem Natron metallisches Blei liefern, dafs sie wenn sie in Wasser löslich sind, zusammenziehend süfs schmecken, und dafs ihre wäfsrige Lösung folgende Niederschläge giebt: einen *metallischen* mit Zink; einen *weissen* mit reinen und kohlensauren Alkalien, mit Schwefelsäure, und bei einiger Concentration, mit Salzsäure; einen *braunschwarzen* mit Hydrothionsäure und einem *gelben* mit Hydriodsäure und mit chromsaurem Kali. Die wichtigeren Bleisalze sind folgende: *Salpetersaures Bleioxyd*, octaëdrisch, leicht im Wasser löslich. *Schwefelsaures Bleioxyd*, findet sich natürlich als *Bleivitriol*, nicht im Wasser löslich. *Phosphorsaures Bleioxyd*, in der Natur als *Grünbleierz* vorkommend, nicht im Wasser, leicht in Salpetersäure löslich, beim Glühen mit Kohle Phosphor entwickelnd. *Kohlensaures Bleioxyd* findet sich in der Natur als *Bleispath*; wird künstlich bereitet als *Bleiweifs*; nicht in Wasser löslich. *Molybdänsaures Bleioxyd*, das Gelbbleierz der Mineralogen. *Chromsaures Bleioxyd*, das natürliche als rother *Bleispath*, das künstliche als *Chromgelb* bekannt. *Neutrales essigsaures Bleioxyd* oder *Bleizucker* in Säulen krystallisirend, leicht im Wasser löslich. *Basisch-essigsaures Bleioxyd*,

oder Bleiessig, durch Kochen des im Wasser gelösten Bleizuckers mit Bleioxyd gebildet, welches seinen Ueberschuſs von Bleioxyd schon an die Kohlensäure der Luft abtritt.

Bleihyperoxydul oder *Mennige* (104 Blei auf 12 Sauerstoff) durch behutsames Glühen des gelben Bleioxyds an der Luft erhalten; ziegelroth, wird bei stärkerem Glühen unter Entwicklung von Sauerstoffgas zu gelbem Oxyd reducirt. *Bleihyperoxyd* oder braunes Bleioxyd (104 Blei auf 16 Sauerstoff) durch Behandeln des rothen Oxyds mit verdünnter Salpetersäure gebildet, wobei sich gelbes Oxyd löst und das braune zurückbleibt; dunkelrothbraun, entwickelt beim Glühen die Hälfte seines Sauerstoffs.

Chlorblei, Hornblei; krystallisirt aus der wässrigen Lösung in weissen Nadeln; schmilzt unter der Glühhitze zu einem Oel, welches beim Erkalten zu einem hornähnlichen Körper erstarrt; verdampft bei nicht starker Glühhitze; wenig in Wasser löslich; läſst sich mit verschiedenen Mengen Bleioxyd zusammenschmelzen, und liefert dann beim Erstarren das *Cassler Gelb*. — *Jodblei*; ein gelbes schmelzbares Pulver. — *Schwefelblei*; natürlich als *Bleiglanz* vorkommend, strengflüssiger als Blei. *G.*

Bleibaum. S. Metallbaum.

Blitz.

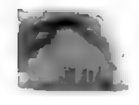
Wetterstrahl; *Fulmen*; Eclair, Foudre; *Lightning*. Der Blitz ist ein heftiger elektrischer Funken zwischen zweien Wolken oder zwischen einer Wolke und einem Theile der Erdfläche, wodurch das aufgehobene Gleichgewicht ihrer Elektricitäten vermittelst eines plötzlichen und gewaltsamen Ueberganges hergestellt wird. Wetterstrahl, *Wetterschlag*, *einschlagender Blitz* (foudre, carreau) heiſst insbesondere derjenige Blitz, der die Erde oder Körper auf der Erde trifft; dieser tödtet oft Menschen und Thiere, schmelzt Metalle, zertrümmert Mauerwerk, Balken und Holzwerk, entzündet Gebäude, und ist mit dem Gefolge aller Erscheinungen, welche mit ihm das Gewitter ausmachen, eine der prachtvollsten, aber auch der fürchterlichsten Wirkungen der Na-

tur, daher der Aberglaube der Alten die Blitze unmittelbar von den Göttern schmieden und herabschleudern liefs[1].

Man hielt ehedem den Blitz für eine Entzündung brennbarer, in der Luft schwebender, Dünste[2], welche viele Naturforscher aus Salzen und Schwefel bestehen liefsen, um sich daraus, wie beim Schiefspulver, die Explosion, den Donner und die gewaltsamen Wirkungen des Wetterschlages zu erklären. Nach Musschenbroek[3], der sich hiervon nicht ganz losreifsen kann, nimmt besondere Arten des Blitzes an, welche zum Theil aus einer unter der Erde entzündeten und aus dem Boden hervorbrechenden schweflichten Materie, zum Theil aus einem vom Himmel herabfallenden brennenden Stoffe bestehen sollen. Es ist nicht zu leugnen, dafs solche Naturbegebenheiten wirklich vorkommen[4], aber sie sind von dem Blitze sehr wesentlich unterschieden.

Bei den häufigen Versuchen, welche man seit dem Anfange des verflossenen Jahrhunderts angestellt hat, ist das elektrische Licht von Mehreren mit dem Blitze verglichen worden. Dr. Wall[5] bemerkt schon, das Licht und Knistern des geriebenen Bernsteins sey dem Blitze und Donner ähnlich, ohne jedoch diese Aehnlichkeit weiter als bis auf den äufsern Schein zu treiben. Auch Gray bemerkte bei Betrachtung der Erscheinungen des Ueberganges der Elektricität von einem Conductor zum andern eine schwache Aehnlichkeit zwischen dem Knalle und Lichte des Funkens und dem Donner und Blitze. Nollet[6] geht schon viel weiter, und erklärt, wenn Jemand durch Vergleichung der Erscheinungen darthun würde, dafs der Donner in den Händen der Natur eben das sey, was die Elektricität in den unsrigen ist, und dafs die Wolke dabei die Stelle des Hauptconductors der Elektrisirmaschine vertrete, so würde ihm diese Meinung sehr gefallen. Ihm selbst bieten sich schon viele Gründe für die Richtigkeit dieser Vergleichung aus der Elektricitäts-

1 Lucret. de rer. nat. V. v. 1217.
2 Aristot. meteor. c. 3.
3 Introd. §. 2522.
4 S. *Feuerkugeln.*
5 Phil. Trans. XXVI. 1708. Nr. 314.
6 Leçons de Physique IV. 314.



lehre dar, z. B. die allgemeine Verbreitung des elektrischen Fluidums, die Schnelligkeit seiner Wirkung, seine Entzündlichkeit, seine Kraft, andere Körper in Flammen zu setzen, seine Eigenthümlichkeit, die Körper, wie uns die Leidner Flasche lehrt, äufserlich und innerlich, sogar bis auf die kleinsten Theile zu erschüttern, die Wahrscheinlichkeit, die sich daraus noch auf einen höhern Grad seiner Wirksamkeit folgern läfst u. s. w. Alle diese analogischen Thatsachen lassen ihn glauben, dafs durch die gehörige Anwendung der Elektricität auf den Donner und Blitz von diesen Erscheinungen eine genügendere und richtigere Vorstellung und Erklärung, als die damals herrschenden waren, erhalten werden können. Auch der um die Elektricitätslehre so verdiente J. H. Winkler[1] behauptete aus ähnlichen Gründen und mit noch gröfserer Bestimmtheit wie Nollet die gleiche Natur des elektrischen Fluidums und der Ursache des *Blitzes* und *Donners*. Namentlich untersuchte er in einem eigenen Kapitel die Frage, *ob Schlag und Funken der verstärkten Elektricität für eine Art des Donners und Blitzes zu halten sind?* Er vergleicht die Erscheinungen und Wirkungen beider, und schliefst aus denselben auf eine vollkommene und wesentliche Gleichheit, wobei der einzige Unterschied in den Grad der Stärke zu setzen sey.

Diese Behauptungen standen indessen doch nur als sehr wahrscheinliche Muthmafsungen da, und der eigentliche entscheidende Beweis fehlte noch, so lange diese Wolken-Elektricität nicht denselben Versuchen unterworfen ward, die mit der gewöhnlichen Elektricität angestellt werden, und in diesen Versuchen sich die Identität der unmittelbaren Beobachtung darstellte. Diesen grofsen Schritt verdankt die Wissenschaft dem hierdurch und durch die für die Menschheit so wohlthätige Anwendung, die er von seiner Entdeckung gemacht hat, unsterblich gewordene Dr. Benjamin Franklin, der auf eine ganz unabhängige und originelle Weise das *experimentum crucis* ersann. Dieser geistvolle Naturforscher machte sehr zahlreiche originelle Beobachtungen über die

---

1 Von der Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäfsen. Leipzig 1746. 8.

Phänomene der Elektricität, die er in einer Reihe von Briefen vom Jahre 1747 bis 1753 einem Mitgliede der Königlichen Gesellschaft in London, PETER COLLINSON zum Danke für die Glafsröhre, die dieser der Lesegesellschaft zu Philadelphia zum Geschenke gemacht, und mit welcher FRANKLIN seine Versuche angestellt hatte, mittheilte[1]. Er war wie NOLLET und WINKLER auf die grofse Aehnlichkeit des Blitzes mit den Erscheinungen des elektrischen Funkens aufmerksam geworden, und schlug bald nachher ein kühnes Mittel vor, die Meinung von der Gleichheit beider durch Versuche zu prüfen. Da er es zur Gewifsheit gebracht hatte, dafs spizzige Körper die Elektricität weit mehr und aus gröfseren Entfernungen als stumpfe anzögen[2], so verfiel er klüglich auf den Gedanken, durch spitzige metallische Stangen den Blitz vom Himmel herabzulocken. Nach einer Warnung, sich durch den grofsen Unterschied im Grade nicht irre machen zu lassen, führt er in jenen Briefen[3] viele Aehnlichkeiten des Blitzes und des elektrischen Fluidums umständlich an. Beide laufen in geschlängelten Wegen, treffen hohe und spitzig hervorragende Gegenstände am leichtesten, ergreifen die besten Leiter, Metalle, Wasser und feuchte Körper, mit Vermeidung der Nichtleiter, sengen und zünden, schmelzen Metalle, durchlöchern feste Körper, machen Menschen und Thiere blind, zerstören das thierische Leben, benehmen dem Magnete seine Kraft oder verkehren seine Pole, und machen Eisen magnetisch. Schon hierdurch hält er sich überzeugt von der Gleichheit des Blitzes und der Elektricität, und giebt eine Vorrichtung an, das Feuer der Donnerwolke herabzuziehen, und dadurch zu untersuchen, ob sie in der That elektrisch sey oder nicht. Man soll nämlich auf einem hohen Thurme oder einem andern hochgelegenen Platze ein Schilderhäuschen errichten, woraus sich ein spitzer Eisendraht, durch einen Harzkuchen isolirt erhebt. Wenn darüber Gewitterwolken hinzögen, so müfsten sie, meinte er,

1 New exper. and observat. on electricity in several letters to Mr. Collinson, by Benj. Franklin London 1751. 4. Franklins Briefe von der Elektricität übers. von Wilke. Leipzig. 1758. 8.

2 S. *Spitzen*.

3 S. 52. ff. S. 72. und ff. d. d. Uebers.

dem Eisendrahte einen Theil ihrer Elektricität mittheilen, welches den Sinnen durch Funken wahrnehmbar werden könnte, wenn man einen Schlüssel, einen Knöchel oder andere Leiter in die Nähe brächte. In Philadelphia liefs sich damals dieser Versuch nicht anstellen. Die wirkliche Bestätigung der Voraussetzung FRANKLINS durch eine in jenem Sinne ausgeführte Vorrichtung erfolgte zuerst im Jahre 1752 durch zwei Franzosen DALIBART zu Marly-la ville und DELOR zu Paris, zwei eifrige Anhänger der franklinischen Theorie. Der erste befestigte eine 40 Fuſs hohe eiserne Stange mit seidenen Schnüren an Pfählen, und sicherte ihren Fuſs gegen den Regen. Am 10. Mai 1752 erhielt der dabei gegenwärtige Tischler COIFFIER bei einem entstandenen Gewitter Funken aus demselben, rief den Pfarrer des Kirchspiels nebst einer Menge Zeugen herbei, und erkannte mit ihnen die Funken für offenbar elektrische. DELOR hatte eine 99 Fuſs hohe Stange aufgerichtet, aus der er acht Tage nach jenem Versuche beim Vorüberziehen einer Gewitterwolke, welche nicht blitzte, ebenfalls Funken erhielt. Diese Versuche wurden nachher in Gegenwart des Königs wiederholt, und auſser den vorhin genannten Personen durch BUFFON, MAZEAS und LE MONNIER noch viel weiter getrieben. Der Letztere bemerkte schon an einem 5 — 6 Schuh hoch an Seide hängenden Sprachrohre augenscheinliche Zeichen der Elektricität, und fand eine auf Pech stehende Person, die eine 18 Fuſs hohe mit Draht umwundene hölzerne Stange in der Hand hielt, beim Gewitter elektrisch.

Noch in eben dem Jahre wurden in den Monaten Julius und August in England ähnliche Versuche von CANTON, WILSON und BEVIS angestellt, wodurch die franklinische Behauptung der Gleichheit des Blitzes und elektrischer Funken auſser allen Zweifel gesetzt, und von CANTON schon entdeckt ward, daſs unter den Wolken einige positiv, andere negativ elektrisch sind.

Zu eben der Zeit erhielt FRANKLIN selbst, ohne noch etwas von den Versuchen in Frankreich zu wissen, eine Bestätigung seiner Theorie vermittelst eines elektrischen Drachen [1]. Mit einem solchen Werkzeuge, welches aus zwei

---

1 S. *Drache, elektrischer.*

kreuzweis gelegten Stäben, und einem darüber gespannten seidenen Schnupftuche bestand, mit einer eisernen Spitze versehen, und an einer hanfenen Schnur gehalten ward, gelang es ihm im Junius 1752 beim Vorüberziehen einer Gewitterwolke, aus einem an der Schnur befestigten Schlüssel Funken zu erhalten, welche noch stärker wurden, als die Schnur nafs und dadurch ein besserer Leiter geworden war[1]. Im September 1752 richtete er auch eine isolirte eiserne Stange auf, um den Blitz in sein Haus herabzuleiten, und befestigte daran zwei Glöckchen, nach Art eines *elektrischen Glockenspiels*[2], welche ihn durch ihr Läuten benachrichtigten, wann die Stange elektrisirt sey. Er fand durch diese Geräthschaft am 12. April 1753 bei einem starken Gewitter die Elektricität der Wolken negativ, beobachtete auch noch in demselben Jahre Wolken von negativer Elektricität, Uebergänge von einer Elektricität in die andere, und elektrische Erscheinungen in der Atmosphäre, auch aufser den Zeiten eines Gewitters[3]. Von dieser Zeit an wurden die Beobachtungen über die Elektricität der Gewitter vermittelst isolirter Stangen und elektrischer Drachen in mehreren Ländern häufig angestellt. Besonders hat sich Beccaria[4] zu Turin durch die Menge und Mannigfaltigkeit seiner Versuche und de Romas zu Nerac durch die starke Elektricität, welche er nicht ohne Gefahr mittelst eines elektrischen Drachen herabbrachte, ausgezeichnet. Der verdiente Richmann in Petersburg wurde ein trauriges Opfer dieser Untersuchungen. Er hatte am Dache seines Hauses eine eiserne Stange aufgerichtet, wovon isolirt metallene Drähte in das Haus geleitet, und noch am Ende durch einen gläsernen Becher isolirt waren, damit die Elektricität der Gewitterwolken sich daselbst häufen und einen am Drahte hängenden Faden abstofsen

---

1 vgl. Dr. Benj. Franklins nachgelassene Schriften und Correspondenz nebst seinem Leben. Aus dem Engl. III. Band, Franklins Leben erster Theil enthaltend. Weimar 1818. S. 281. 282, wo sich überhaupt die wichtigsten historischen Notizen, Franklins elektrische Entdeckungen betreffend, befinden, die hier benutzt sind.

2 S. *Glockenspiel, elektrisches.*

3 S. Franklins Briefe d. Uebers. S. 146. ff.

4 Lettere dell' elettricismo. Bologna 1758. 4.

möchte, dessen Abstofsungswinkel an einem Quadranten gemessen die Stärke der Elektricität angeben sollte[1]. Man sieht bei der jetzt bekannten Theorie die grofse Gefahr einer solchen unterbrochenen Leitung leicht ein, und RICHMANN[2] selbst, so neu die Sache auch noch war, äufserte doch, dafs er Gefahr ahne, der er aber seines Amts halber mit Muth und Unerschrockenheit entgegengehe. Am 6. Aug. 1753, als es in der Ferne gedonnert hatte, und er nebst dem Kupferstecher der Akademie SOKOLOW zu seinem Elektricitätszeiger geeilt war, gegen den er sich dahin, wo das Metall aufhörte, bückte, fuhr ein Wetterstrahl aus dem Drahte durch einen Fufs Zwischenraum in Gestalt eines weifsblauen Feuerballes nach seinem Kopfe, warf ihn todt zurück und hinterliefs an seiner Stirne einen mit Blut unterlaufenen Fleck, nebst einigen nur in die Haut gebrannten Flecken am Körper, und einen bläulichen am linken Fufse, wo ohne Verletzung des Strumpfes der Schuh zerrissen war. Innerlich fand man ausgetretenes Blut in der Luftröhre und in den Lungen, auch einige vom Blut ausgedehnte Adern in dem Gekröse und den dünnen Gedärmen, und der Körper gerieth in 48 Stunden in Fäulnifs. Der gläserne Becher und der Draht waren zerschmettert, und glühende Stücke des Letzteren hatten in SOKOLOW's Kleider Striemen gesengt, der auch selbst betäubt zu Boden fiel. Das ganze Haus war voll Dampf und Schwefelgeruch; ein Thürgerüst, durch welches die Leitung ging, ward beschädigt, einige Bediente betäubt und der Knall des Donners dabei war sehr heftig[3]. Dieser traurige Vorfall hätte, bei mehrerer Kenntnifs der damals noch ganz neuen Sache durch eine leichte Vorsicht abgewendet werden können, und man mufs ihn daher nicht als eine Einwendung gegen dergleichen Versuche anführen. Man hatte hier alles zur Anhäufung der Elektricität und Unterbrechung ihres Fortgangs veranstaltet, ohne im geringsten auf die Ableitung derselben bedacht zu seyn, wozu noch die Sorglosigkeit kam, mit welcher sich der unglückliche RICHMANN der

1 Winkler de avert. fulminis artificio p. 4 ff.

2 Novi Comment. Pet. IV. 335.

3 Phil. Trans. XLIX. 61 sqq.

Geräthschaft näherte und dem durch sie zur Erde herabfahrenden Blitze entgegenstellte. Indessen ward durch diesen tief eindringenden Fall jedermann auf den Zusammenhang zwischen Blitz und Elektricität aufmerksam gemacht, und man hat seitdem den Blitz allgemein für eine elektrische Erscheinung angenommen.

Vorzügliche Verdienste um die Aufklärung der Lehre vom Blitze hat sich später vor allen der würdige Arzt in Hamburg Dr. J. A. H. Reimarus durch zwei meisterhafte Werke, wovon das eine im Jahre 1778, und das zweite im Jahre 1794 erschien, erworben. Es wird in diesen beiden Werken von Reimarus angenommen, die Luftelektricität sey in den Wetterwolken angehäuft und der Blitz bestehe in einer Entladung derselben gegen andere Wolken oder auf irdische Gegenstände, man könne also aus elektrischen Versuchen die allgemeinen Eigenschaften und Wirkungen des Blitzes (indem man auf die gröſsere Stärke Rücksicht nehme) richtig ableiten, allein im Vortrage selbst hat Reimarus alles aus Beobachtungen wirklicher Wetterschläge hergeleitet, und so allerdings die Ueberzeugung allgemeiner und eindringender gemacht, als es durch die elektrischen Versuche im Kleinen geschehen kann. Es gebührt ihm nicht bloſs das Verdienst, mit groſsem Fleiſse und Umsicht die in so vielen Schriften zerstreuten Beobachtungen von Wetterschlägen und den dabei vorgekommenen Erscheinungen gesammelt und mit seinen eigenen Erfahrungen vermehrt zu haben, sondern er hat auch aus diesen Erfahrungen mit gründlicher Einsicht, insbesondere durch Vergleichung der von der Natur gleichsam im Groſsen angestellten Versuche mit denjenigen, die wir durch Hülfe unserer Elektrisirmaschinen angestellt haben, unter welchen die Versuche mit groſsen Batterien und ihrer Entladung jenen am nächsten kommen, die wichtigsten Resultate für die Aufstellung der unwandelbaren Gesetze der *Bahn* des *Blitzes* zu ziehen verstanden, die zu den nützlichsten praktischen Anwendungen und den bewährtesten Regeln für die Anlegung der Blitzableiter zunächst geführt haben. Wir glauben daher im Verfolge dieses Artikels den gründlichsten und zusammenhängendsten Unterricht von der Natur und den Wirkungen des Blitzes geben zu

können, wenn wir einen kurzen Auszug desjenigen vorlegen, was Reimarus in den angeführten zwei schätzbaren Schriften darüber gesagt hat, indem wir zugleich das, was die neuesten Erfahrungen in dieser Hinsicht hinzugefügt haben, gehörig berücksichtigen werden. Wir betrachten diesem gemäfs

1. Die Gewitterwolken an sich als die Magazine des Blitzes und die Erzeugung und Anhäufung der Elektricität in denselben.
2. Den Blitz selbst als elektrisches Phänomen und die Bedingungen seines Ausbruchs.
3. Die Bahn desselben und das Ziel, nach welchem dieselbe hingerichtet ist.
4. Den sogenannten Rückschlag oder aufwärts fahrenden Blitz.
5. Wirkungen des Blitzes auf seinem Fortgange an den Körpern nach seinem Ziele. Platzungen.

   a. Wirkungen des Blitzes auf Menschen und Thiere; Hülfsmittel zur Wiederbelebung vom Blitze getroffener.

   b. Wirkungen auf die guten Leiter, namentlich die Metalle.

   c. Wirkungen auf die schlechten Leiter und Nichtleiter.

   d. Platzungen.

   e. Besondere Erscheinungen.
6. Sicherung gegen den Blitz.

I. Von den Gewitterwolken als Magazine des Blitzes, und von der Erzeugung und Anhäufung der Elektricität in denselben.

Die Bildung der Gewitterwolken ist immer noch ein in grofses Dunkel gehüllter meteorischer Procefs. Unsere elektrischen Versuche im Kleinen verbreiten nur ein sparsames Licht darüber. Dafs Reibung der Lufttheilchen an der Erzeugung ihrer Elektricität keinen wesentlichen Antheil habe, beweist der Umstand, dafs einerseits die in der gröfsten Heftigkeit mehrere Tage anhaltenden Winde kein Gewitter erregen, und andererseits bei einige Tage vorhergegangener stiller Luft diese oft am gewaltigsten ausbrechen. Die Theorie der Gewitterbildung hängt mit der Theorie des Regens aufs innigste zusammen. Man kann annehmen, dafs es in

der Regel nicht donnert und blitzt, ohne zugleich zu regnen. Der Blitz entzündet sich da, wo die Wolke am dicksten ist, und den stärksten Regenguſs ausschüttet. Die Schnelligkeit, mit welcher die Wolken sich bilden, ist stets die Bedingung einer starken Erregung von Elektricität, die in Blitz und Donner ausbricht. Dies beweisen alle Beobachtungen über Gewitterbildung besonders in den Berggegenden, die ihre häufigsten Bildungsstätten sind. Wir werden also auf die Dünste als die eigentliche Quelle dieser Elektricität, die durch die schnelle Verdichtung jener in einer groſsen Strecke frei wird, hingewiesen. Der elektrische Vorgang bei der Verdünstung des Wassers kommt dieser Ansicht vorzüglich zu Hülfe. Durch SAUSSURE's, VOLTA's und anderer Physiker Versuche ist es erwiesen, daſs bei aller Verdünstung des Wassers das Gefäſs, in welchem diese vor sich geht, und das Wasser selbst negativ elektrisch zurückbleiben. Die Dünste müssen also nothwendig den Gegensatz jener Elektricität, also die positive, mit sich in die höheren Gegenden der Atmosphäre führen, und dort anhäufen. So entsteht die in der Atmosphäre stets vorhandene Elektricität [1]. Daſs diese Elektricität als eine Art von gebundener Elektricität, ähnlich der gebundenen Wärme zu betrachten sey, die erst bei Verdichtung dieser Dünste zu Wolken frei wird, beweiset der Umstand, daſs vor der Gewitterbildung die freie Elektricität oft gering ist, und nun plötzlich in den Gewitterwolken selbst ihr Maximum erreicht. Wie nun diese Dünste in der Atmosphäre selbst enthalten sind, durch welche Ursachen sie sich oft so plötzlich verdichten, und in welcher Beziehung sie etwa zur Elektricitätserzeugung stehen mögen, ist noch nicht zur völligen Klarheit gebracht. Man kann die Gewitterwolkenbildung nicht wohl durch gewöhnliche Abkühlung von solchen Dünsten, die durch das Hygrometer angezeigt werden, erklären, darüber haben DE LUC's Erfahrungen, der oft die Erzeugung der Gewitterwolken in den Regionen selbst, in welchen sie sich bildeten, beobachtete, hinlänglich entschieden. So beschreibt er [2] eine Be-

---

1 S. *Luft — Electricität.*

2 Neue Ideen über die Meteorologie II Thl. §. 618.

obachtung, wo er ganz nahe an seinem Standpuncte in einem Theile der Berge von Neufchatel länger als eine Stunde *immer neue Wolken an derselben Stelle sich bilden sah*. Die sich von da erhebenden Wolkentheile zerstreuten sich, wie sie über eine gewisse Gegend des Berges hinauskamen, aber unaufhörlich bildeten sich an jener Stelle neue Wolken. Dieses Hervorsprudeln von Nebel hatte die gröfste Aehnlichkeit mit dem heftigen Dampfen einer stark aufkochenden grofsen Wassermasse; der Niederschlag ging *also* hier mit einer gewissen *Heftigkeit* vor, und nicht so ruhig, wie wir den Abendnebel in der Ebene an Sommerabenden entstehen sehen. Dies ist noch auffallender bei den Gewitter und Platzregen drohenden Wolken, welche oft so schnell anwachsen, und den ganzen Himmel verdecken, nicht weil von Ferne her Wolken herangezogen sind, sondern weil in ihnen selbst der *Niederschlag* von Wasser (in Form von sogenannten Dunstbläschen) *mit* so grofser Heftigkeit vorging. Man bemerkt *oft*, dafs der Wind, der vorher eine andere *Richtung hatte*, plötzlich von der Gewitterwolke herkommt, und dafs diese nun schnell sich bis zum Zenith hin ausbreitet, nicht durch ein gewöhnliches Aufsteigen bereits gebildeter Wolken in die Höhe, sondern durch eine mit einer grofsen Heftigkeit fortschreitende neue Wolkenbildung, wobei *ein Wind*, der aus dem Innern der Wolken kommt, *eintritt*, ein *zugleich* kalter Wind, zum Beweise, dafs bei diesem Processe nicht Wärme frei wird, wie bei dem gewöhnlichen Niederschlage, wo elastischer Wasserdampf sein Wasser absetzt. Gehler[1] bemerkt in Rücksicht auf diese die Gewitter constant begleitende Abkühlung der Luft in Beziehung auf die zugleich statt findende Elektricitäts-Erregung: Vielleicht hat man diese Abkühlung nicht als Folge, sondern als Ursache des Gewitters anzusehen, die sich nur später in die unteren Regionen der Atmosphäre verbreitet. De Luc[2] ward durch heftige Kälte von einem Berge herabgetrieben und im Niedersteigen von einem Gewitter mit Hagel über-

---

1 Wörterb. 1. 374.

2 Reise nach den Eisgebirgen von Faucigny. Leipzig 1777. 8. S. 173.

fallen, da man während der Zeit in der Tiefe eine starke Hitze vor dem Gewitter gespürt hatte. Nach Gewittern im Winter pflegt die Kälte zuzunehmen [1]. Ob vielleicht die Wärme zur Bildung der positiven Elektricität mit verwendet wird, und dadurch verschwindet, oder ob vielmehr das Herabsteigen kälterer Schichten der Atmosphäre, durch die schnelle Verdichtung so vieler Dünste veranlafst, Kälte erzeugt, wobei auch der Umstand in Betracht kommt, dafs nach Gewittern der Wind sich gewöhnlich dreht, und, nachdem er vorher aus wärmeren Gegenden, namentlich Süden und Südwest wehete, mit welchen gewöhnlich bei uns Gewitter entstehen, nun nach Norden und Nordwest umspringt, kann hier wenigstens fragweise hingestellt werden. Was noch eine besondere Schwierigkeit in Erklärung der Gewitterbildung und eben damit der Elektricitätserzeugung macht, die zum Blitze Veranlassung giebt, ist die wiederholte Beobachtung DE LÜCS, dafs Gewitter in Luftregionen entstehen, in welchen das Hygrometer relative Trokkenheit anzeigt, und also wenigstens die gewöhnlichen Wasserdünste noch weit von dem Maximum von Dichtigkeit entfernt sind, welches ihrer Verdichtung zu Wolken und zum Niederschlage jedesmal vorangehen mufs. De Luc [2] führt namentlich einen merkwürdigen Fall an, wo auf dem Buet bei einer Temperatur von + 6 R. und bei einem Stande des Hygrometers von 66,5 von der äufsersten Feuchtigkeit dicke Wolken, die sich um ihn bildeten, ihn an seine Rückkehr denken machten, bald darauf war der ganze Gipfel darin eingehüllt, sie dehnten sich aus und bedeckten den ganzen Horizont und er stand hier durch die Heftigkeit des Sturmwindes, Regens, Hagels und Donners eines der stärksten Gewitter aus, das er je erfahren hatte. Es dauerte einen grofsen Theil der Nacht, herrschte auf allen benachbarten Bergen und in der Ebene, und da es aufgehört hatte, dauerte der Regen nur mit einigen Unterbrechungen bis zum folgenden Mittage fort. De Luc fand, da er das Hygrometer in einem freien Zwischenraume untersuchte, das-

---

1 Reimarus vom Blitze 1778. S. 255 Anm. 206.

2 Ideen über Meteorologie 8 u. 28.

selbe auf der alten Trockenheit. Inzwischen wälzten sich die Wolken um ihn her, und der Regen begleitete ihn auf dem Wege zum Fuſse des Berges. Er beobachtete das Hygrometer von Neuem, und ohngeachtet die Wärme jetzt nur 14° R. (also nur 10 Grade niedriger als zwei Tage vorher) und der Boden ganz mit Wasser getränkt war, stand das Hygrometer doch nur 1°,7 näher zur Feuchtigkeit als zwei Tage zuvor nach einer Reihe von schönen Tagen und bei 24° R. Wo war das Wasser, wo waren alle Bestandtheile des Gewitters, da das Hygrometer soviel Trockenheit sogar in den Schichten anzeigte, wo es entstanden war?

Wir bekennen aufrichtig, daſs keine Theorie des Gewitters diese Schwierigkeiten bisher vollständig gelöset hat, verweisen aber die nähere Erörterung in den Artikel: *Gewitter*, wo dieser Gegenstand *in seinem ganzen Zusammenhange* mit der Meteorologie näher abgehandelt werden wird, und schränken uns hier nur darauf ein, den elektrischen Charakter der Gewitterwolken, soferne von da aus unsere weitere Erklärung ihren Fortgang nehmen muſs, näher zu bestimmen. Um das elektrische Verhältniſs derselben, besonders in Beziehung auf das Einschlagen des Blitzes richtiger würdigen und übersehen zu können, kann man sie am *füglichsten mit einem mit positiver* Elektricität bis zu einem hohen Grade von Spannung geladenen Conductor vergleichen. Daſs die positive Elektricität wenigstens immer die ursprünglich thätige in dem ganzen Vorgange sey, beweisen sowohl die unmittelbaren Beobachtungen über das Verhalten der Gewitterwolken gegen Elektrometer [1] als es auch aus dem folgt, was oben über *die Anhäufung* der Elektricität in den *höheren* Gegenden der Atmosphäre in Folge der Ausdünstung bemerkt wurde. Daſs auch Wolken mit negativer Elektricität vorkommen, ist kein Beweis dagegen. Man *kann nach* dem Gesetze der Vertheilung ihre *negative* Elektricität als eine abgeleitete aus der *positiven* sehr gut begreifen, wie bei der Betrachtung des Rückschlages näher gezeigt werden soll. Inzwischen begründet die etwaige Verschiedenheit der Elektricität der Wolken, ob sie nämlich positive oder

1 S. *Luftelektricität.*

negative ist, keine wesentliche Verschiedenheit in den Erscheinungen und Wirkungen des Blitzes. Die elektrischen Funken und Schläge äufsern dieselben Wirkungen und folgen denselben Gesetzen, sie mögen aus positiv oder negativ-elektrisirten Leitern kommen. Wenn man zwei ebene und glatte kreisrunde Bretter mit Zinnfolie belegt, und in horizontaler und paralleler Lage mit ihren belegten Seiten gegen einander kehrt (wozu man das untere auf einen mit der Erde verbundenen Fufs stellen, das obere an seidenen Schnüren so aufhängen kann, dafs es isolirt aufwärts und abwärts beweglich ist, z. B. am Ende eines Hebelarmes hängend), so wird man folgenden für die Lehre vom Blitze sehr wichtigen Versuch anstellen können. Wird das obere Brett mit einer in Thätigkeit gesetzten Elektrisirmaschine verbunden, und dem untern Brettchen genähert, so wird dieses nach dem Gesetze der elektrischen Atmosphärenwirkung die entgegengesetzte Elektricität von jenem erhalten, und wenn man unter diesen Umständen beide zugleich berührt, so werden sich ihre entgegengesetzten Elektricitäten durch den berührenden Körper oder die Hand mit einem Erschütterungsschlage entladen. Bringt man beide Bretter einander sehr nahe, z. B. auf einen halben Zoll, und elektrisirt das obere sehr stark, so erfolgt mehrentheils von selbst eine freiwillige Entladung mit einem starken, die Luft durchbrechenden Funken. Vor diesem Schlage ziehen sich die Bretter einander stark an, beim Schlage selbst werden sie aber von einander durch eine Art von Platzung geworfen (welches man am besten beobachten kann, wenn die Bretter nicht horizontal gestellt, sondern vertikal aufgehangen sind). Ist in der Mitte des einen oder andern Brettes ein kleiner hervorragender Körper befestigt, so erfolgt der Durchbruch des Schlages allezeit an dieser Stelle. Steht aber anstatt des hervorragenden Körpers auf dem einen Brette eine scharfe Spitze, so kann weder eine Ladung noch ein Schlag hervorgebracht werden. Steht das obere Brett dem unteren statt mit seiner Fläche mit seinem Rande gegenüber, so erfolgt der Durchbruch des Funkens aus einer bedeutend gröfseren Entfernung. Dieser von Wilke[1] und Aepinus herrührende

1 Dissertatio de electricitatibus contrariis. Rostock 1757. 4. exp. 58.

Versuch zeigt im Kleinen sehr deutlich, was beim Gewitter im Grofsen vorgeht. Eine elektrisirte Wolke befindet sich an der Stelle des obern, ein Theil der Oberfläche der Erde oder eine andere Wolke an der Stelle des untern Brettes. Die Erdfläche (oder eine andere, nicht schon elektrisch geladene Wolke) wird im Wirkungskreise einer positiven Wolke stets die negative Elektricität annehmen. Die zwischen befindliche Luft als ein nicht leitender Körper, macht es möglich, dafs die Elektricität in der Wolke sich bis zu einem gewissen Grade anhäufen, und diesem gemäfs einen gewissen Grad freier Spannung annehmen kann, in deren Verhältnifs ihre vertheilende Wirkung steht, durch welche sie ihren Gegensatz auf die Erdfläche hervorruft, und ihre anziehende Wirkung, welcher sie als der bewegliche Körper gegen die Erdfläche folgt. Ist in Folge dieser Anziehung die Wolke nahe genug und ihre Elektricität stark genug, oder entsteht gar eine leitende Verbindung zwischen der Wolke und der Erdfläche, so wird eine Entladung, ein Blitz erfolgen, welcher insgemein sehr in die Höhe hervorragende Körper, wie z. B. die Giebel und die höchsten Ecken der Häuser, Bäume, die Masten der Schiffe u. s. w. zuerst trifft, weil sie entweder der Wolke am nächsten sind, oder von ihnen aus die weitere Leitung zur Erde die *vollkommenste ist.* Auch zwei Wolken können aufeinander auf eine ähnliche Art wirken, wenn die eine davon entweder mit der Erde z. B. am Abhange von Bergen in Berührung steht, oder Wolken *in einer* Reihe hinter einander sich befinden, die wechselseitig auf einander durch Vertheilung wirken können. In diesem Falle entstehen verschiedene Elektricitäten an den entgegengesetzten Seiten mehrerer Wolken, und bei der Entladung schlägt der Blitz zugleich aus der ersten in die *zweite, aus der zweiten in* die dritte u. s. f. [1], die zwischen der Wolke und der Oberfläche der Erde oder überhaupt der Körper, in welche sich jene entladet, befindliche Luftschicht, kann *man in* gewisser Hinsicht auch *als* geladen betrachten und die Wolke und die Erdfläche als die weit ausgedehnten Belebungen dieser Schicht. Der Senator KIRCHHOFF in Ham-

1 S. *Rückschlag.*

burg hat durch eine schwebende, nach Art einer Wolke gestaltete, glatte, mit Stanniol überzogene Scheibe von Pappe, welche eine Gewitterwolke im Kleinen vorstellt, jenes Verhältniſs noch anschaulicher zu machen gesucht. Diese künstliche Wolke an einem horizontalen Waagebalken schwebend wird erst ins Gleichgewicht mit einem Gegengewichte und mit dem Leiter der Elektrisirmaschine, oder noch besser, mit der inneren, positiv zu ladenden Belegung einer starken Batterie in Verbindung gebracht. So wie die Ladung der Batterie, und damit die freie elektrische Spannung zunimmt, senkt sich die Wolke auf unter ihr befindliche hervorragende Gegenstände, die Masten eines kleinen Schiffs, das auf dem Wasser schwimmend von der Wolke zugleich herbeigezogen wird, auf ein Donnerhaus, und entladet sich endlich bei hinlänglicher Nähe mit einem starken Funken [1]. Man hat dieses Verhältniſs die drückende oder drängende Elektricität, bei einer Gewitterwolke den Drang ihrer Elektricität genannt. Passender ist der Ausdruck: die freie Spannung der Elektricität, nach deren Gröſse sich im Allgemeinen die Schlagweite der Wolke richtet.

Die freie Elektricität der Gewitterwolken kündigt sich schon, ehe es zum Blitze selbst kommt, durch mehrere auffallende Wirkungen an. Namentlich gehört hierher die oft bei Gewittern statt findende Umkehrung des Windes; im freien Felde und auf den Gassen sieht man bei Annäherung der Gewitterwolke den Staub und andere leichte Körper mit kreiselnder Bewegung sich in die Luft erheben, es entstehen heftige Wirbelwinde, die Luft wird durch die elektrische Repulsion von der Wolke abgetrieben, und es bläst also von ihr aus ein starker, oft sehr kalter Wind, auf dem Meere entstehen durch die elektrische Anziehung die Wasserhosen, die sich mit den Wolken selbst fortbewegen.

Diese Ansicht der Gewitterwolken und ihre Vergleichung mit Leitern von einer sehr groſsen Ausdehnung, die zu einem sehr hohen Grade von Spannung elektrisirt sind, wird von de Luc [2] bestritten, weil sie mit ausgemachten Er-

---

1 Göttinger Magazin. 1780. 2tes Stück S. 322.

2 Nicholsons Dec. 1810.

scheinungen, die bei Gewittern vorkommen, nicht in Uebereinstimmung zu bringen sey. Dahin rechnet er vorzüglich die Bildung von Gewittern in Alpenthälern und in Thälern niedriger Gebirge, wo die Gewitterwolken hie und da auf dem feuchten Boden aufgelegen hätten, und sich daher keine Möglichkeit einsehen liefse, wie sich die elektrische Flüssigkeit in diesen Wolken habe erhalten können, aus denen man gleichwohl häufige Blitze mit begleitendem Donner habe ausbrechen gesehen. Auch würde schon die feuchte Luft, von welcher die Nebelmassen oder Wolken umgeben seyen, die Elektricität derselben zerstreuen und es zu keiner solchen Anhäufung kommen lassen. Da nun aus solchen Wolken doch oft *schnell* nach einander heftige Blitze ausfahren, so müsse die ungeheure Masse elektrischer Materie gleichsam erst augenblicklich durch irgend eine chemische Operation *entstehen*, deren Ursache uns noch unbekannt sey, und in der die elektrische Flüssigkeit entweder aus irgend einer Verbindung, in der sie sich befinde, entbunden, oder auf irgend eine Art *durch Zusammensetzung* erzeugt werde. So in Freiheit gesetzt, stürze sie sich wie ein Strom in die Wolke, und aus dieser in den Erdboden. Die Spuren eines solchen gleichsam elektrogenischen chemischen Processes findet de Luc auch in den *aufeinanderfolgenden* Detonationen, welche das ausmachen, was wir das Rollen des Donners nennen[1]. Wir pflichten de Luc vollkommen darin bei, dafs in vielen Fällen die Erzeugung der Elektricität in den Gewitterwolken und der Ausbruch des Blitzes gleichsam in einen Augenblick zusammenfallen. Wir sehen mit ihm das Gewitter selbst als *einen fortschreitenden grofsen chemischen Procefs* an, durch welchen gleichzeitig wässeriger und elektrischer Niederschlag sich bilden, und mit dem häufigern Regen auch schneller auf einander die Blitze herabstürzen. Man kann dieses Phänomen in dieser Hinsicht am besten mit heftigen vulcanischen Ausbrüchen vergleichen, wo gleichfalls die Blitze die vulcanischen Rauch- und Aschewolken durchzucken. Darum sind doch die anderweitigen Erscheinungen eben so entschieden vorhanden, welche auf Anhäufung freier

1 S. *Donner*.

Elektricität in Gewitterwolken hindeuten. Nicht selten sieht man einzelne solche Wolken unverändert sich auf in die Höhe stehende Gegenstände herabsenken, durch einen Blitz sich auf sie entladen und dann wieder in die Höhe steigen. Hier ist doch die Uebereinstimmung mit einem elektrisirten Conductor unverkennbar. Die feuchte Luft ist ein vorzüglich ableitendes Mittel der Elektricität, und es kann daher bei anhaltender nebeliger Witterung keine, durch atmosphärische Elektricität bewirkte Erscheinung zu Stande kommen. Wenn man aber berücksichtigt, wie schlecht auf der einen Seite nach Beobachtungen an Blitzableitern die nicht sehr feuchte Oberfläche der Erde oft leitet, und in welcher Menge die Elektricität zuweilen in den Gewitterwolken wieder erzeugt wird, so kann man recht gut begreifen, daſs sich dieselbe zu einer sehr hohen Spannung in den Gewitterwolken anhäufen kann, ohne durch die oben angegebenen, allerdings ableitenden, Ursachen gänzlich zerstreut zu werden. Es wird hierbei alles auf das Verhältniſs des Processes, durch welchen die Elektricität zugleich mit der Wolke erzeugt wird, und die Schnelligkeit dieser Erzeugung zur Gröſse der Ableitung durch die feuchte Luft ankommen. Da Wolken ferner kein Continuum sind, so können sie sehr wohl an einzelnen Stellen mit der feuchten Erde in Berührung stehen, ohne darum in ihrer ganzen Ausbreitung ihre Elektricität zu verlieren. Wenn auch Gewitter während ihres Verlaufs in einem gewissen Sinne fortdauernd Wolken, Regen und Elektricität produciren, so dürfen wir doch die Producte selbst nicht übersehen, und zu diesen gehören die bereits gebildeten Wolken, die durch so manche Erscheinungen (schon durch ihre Wirkung auf elektrische Drachen bei ihrem Vorüberziehen), die oben angeführt wurden, ihre freie Elektricität verkündigen. In der Hauptsache ändert aber selbst die unbedingte Annahme der Ansicht de Luc's, daſs sich der Blitz jedesmal erst erzeuge, wenn er ausbricht, und nicht eine Entladung einer schon vorher angehäuften Elektricität sey, nichts in der nachfolgenden Darstellung, da auch im ersteren Falle dieselben Gesetze für seine weitere Bewegung und Leitung gelten, wie wenn er aus einer elektrischen Wolke hervorgebrochen wäre.

II. Der Blitz selbst nach seiner nähern Beschaffenheit und den Bedingungen seines Ausbruchs.

Der Blitz selbst, der eigentlich ein Ausbruch einer leuchtenden Materie ist, und stillstehend einen Feuerball vorstellen würde (wie denn auch, in dem unglücklichen Falle mit Richmann, Sokolow, der ganz nahe dabei stand, den Blitz wirklich auf dem so kurzen Wege als einen Feuerball übergehen sah, und auch Reimarus in seiner ersten Abhandlung S. 120 einen Fall anführt, wo nahe Personen einen Wetterstrahl, der mehrere Personen getödtet, in Gestalt einer feurigen Kugel herabfahren sahen und Schübler[1] von einem Gewitter bemerkt, dafs zwei Blitze sich mit einem armsdicken Feuerstrome endigten, der abwärts gegen die Erde fuhr, und an dessen Ende man eine Feuerkugel bemerkte, die feuriger als der Strom selbst glänzte), erscheint seiner schnellen Bewegung halber selten anders, als in der Gestalt eines Strahls. Man sieht ihn, wie den elektrischen Funken bisweilen gerade auf den getroffenen Gegenstand zu gehen, am häufigsten sich schlängeln oder ein Zickzack bilden. Man hat dieses Zickzack, was eigentlich auf einem wiederholten Abspringen desselben auf seinem Fortgange beruht, auf verschiedene Weise zu erklären gesucht. Helvig[2] erklärt dasselbe aus der starken Zusammendrückung der Luft, die der Blitz vor sich her treibt; er hat dieses Zickzack durch Beobachtung mit Hülfe einer *Camera clara* näher zu bestimmen gesucht, und glaubt, es geschehe unter einem Winkel von etwa 40°. Er gründet diese Bestimmung darauf, dafs er bei seiner Beobachtung des Blitzes auf dem aus Quadraten gebildeten Netze der *Camera clara* diesen Winkel nie kleiner sah. Brandes[3] bemerkt dagegen richtig, dafs diese Folgerung nicht zugegeben werden könne, da ein beliebiger Winkel z. B. von 80° dem Beobachter beim Gebrauche jener Vorrichtung gröfser oder kleiner erscheinen könne, je nachdem die Lage des Auges es mit sich bringe. Parrot[4] geht in

1 Schweig. J. N. R. XI. 86.
2 G. LI. 139.
3 Beiträge zur Witterungskunde. S. 353.
4 Theoretische Physik III. 462. §. 325.

seiner Erklärung des Zickzacks von dem Satze aus, dafs die elektrischen Explosionen, welche den Blitz bilden, in der Atmosphäre selbst geschehen, und dafs nur die heftigsten derselben die Erdfläche erreichen; der Leiter, auf welchen sich der Blitz stürzt, müsse also in der Atmosphäre selbst seyn; und da wir wissen, dafs sie nie ganz frei von Niederschlag ist, der successiv und zugleich schnell entsteht und verschwindet, so müssen wir uns die Atmosphäre als aus abwechselnden, mehr und minder feuchten, kleinern und gröfsern Massen bestehend denken, von denen der Blitz die feuchten, als bessere Leiter, auf seinem Wege aufsuche. Eine richtige Erklärung des Zickzacks mufs aber gleichfalls auf den gewöhnlichen elektrischen Funken passen, der bei einer gröfsern Entfernung der Leiter von einander eine ähnliche Form zeigt, wo doch in einer ruhigen Zimmerluft keine solche abwechselnd mehr feuchte und trockene Schichten angenommen werden können. Uns scheint daher Helvig's Erklärung mit allen Erscheinungen besser zu harmoniren. So viel ist ausgemacht, dafs diese Zickzackform dem Blitze nicht wesentlich ist, und dafs da, wo der Durchbruch durch keinen zu grofsen Luftzwischenraum erfolgt, oder die Elektricität eine sehr hohe Spannung hat, der Blitzstrahl einen ganz geraden Weg nimmt, wie auch von genauen Beobachtern, namentlich von Brandes ausdrücklich angemerkt wird. Oefters sieht man auch einen Blitzstrahl sich in mehrere Strahlen zertheilen, und, was unter die sehr seltenen Erscheinungen gehört, Muncke[1] sah einen anscheinend lothrecht herabgehenden über 200 F. langen Blitzstrahl sich in lauter kleine Kügelchen auflösen. Nach Gehler soll auch eine innere wirbelnde Bewegung im Blitze vorgehen, wie man denn oft bemerke, dafs er sich um cylindrische Körper, die er der Länge nach trifft, in Schraubengängen herumwindet. Gehler hat nicht angegeben, woraus er diese Beobachtung geschöpft hat. Eine analoge Erscheinung hat v. Yelin[2] mitgetheilt, wo nämlich die um die einzelnen Drähte eines

---

1 Sacra natal. Divi Caroli Friderici cet. die XXII. Nov. 1819. renunciat. G. W. Muncke p. 6.

2 Ueber den am 30. April 1822. erfolgten merkwürdigen Blitzschlag u. s. w. 2te Auflage. München 1824. 8. S. 15.

Blitzableiters, der aus einem aus Messingdrähten gewundenen Seile bestand, und der von einem *Blitzstrahle* getroffen und zerrissen worden war, ringsumher gehenden Brüche eine schraubenförmige Folge zeigten, auch die Auffangespitze an ihrem äufsersten Ende geschmolzen und in ihrem übrigen Fortgange schraubenförmig gekrümmt war. Auch in einem andern Falle[1] wurde eine solche schraubenförmige Bruchfläche bemerkt. Diese Thatsachen sind höchst merkwürdig, wenn man sie mit der Erklärung der Erscheinungen des Elektromagnetismus aus einer Bewegung der Elektricität in Schraubenlinien zusammenhält.

Ueber die Geschwindigkeit des Blitzes läfst sich nach den bisherigen Erfahrungen nichts mit Sicherheit bestimmen. Helvig[2] glaubt demselben nach seinen Beobachtungen mit der camera clara eine Geschwindigkeit von 40000 bis 50000 Fufs in der Sekunde beilegen zu können; die Data zu dieser Bestimmung scheinen uns aber noch unsicher.

Da der Schlag den nächsten Theil des Gegenstandes trifft, von welchem die Elektricität am stärksten angezogen wird, und die isolirende Luftschicht durchbricht, wo sie am dünnsten ist, so können die Blitze nach verschiedenen Richtungen aufwärts, niederwärts, schräg oder horizontal gehen, je nachdem sie hier oder da einen nähern Gegenstand, der sie aufnehmen kann, antreffen. Wir betrachten hier insbesondere den zur Erde herabfahrenden Blitz, dessen eigentliches Ziel diese selbst entweder an ihrer Oberfläche oder unter gewissen Umständen auch wohl in ihrer Tiefe ist. Der Ausbruch oder Anfall des Blitzes auf einen Gegenstand wird bestimmt und befördert 1. *durch den Drang der Wetterwolke*; 2. *durch ihre Annäherung*; 3. *durch eine Zwischen-Wolke*, wenn gleich die Hauptwolke noch aufser der Schlagweite ist; 4. *durch die Materie des Gegenstandes*; 5. *durch die Gestalt desselben.*

Was den ersten Punct betrifft, so läfst sich im Allgemeinen nur sagen, dafs je gröfser die elektrische Spannung, um so gröfser auch die Schlagweite ist. Die Zunahme der Span-

1 S. 19.
2 G. LI. 136.

nung hängt vorzüglich von der Raschheit ab, womit der Niederschlag erfolgt, daher auch der Blitz sich da entzündet, wo eben die Wolke am dicksten ist, und die stärksten Regengüsse ausschüttet. Hierin treffen wir also mit DE LUC zusammen, der alles auf die Raschheit des chemischen Processes zurückführt, durch welchen die elektrische Materie augenblicklich sich erzeugt. — Die Annäherung hängt vorzüglich von dem Zuge der Gewitterwolken ab, durch welchen sie in die Nähe hervorragender Gegenstände (Bäume, Thürme) geführt werden, doch bestimmt die Stärke der elektrischen Spannung selbst mit diese Annäherung; dadurch wird, wenn eine Wolke sich über Gegenständen befindet, die sonst durch ihre Gestalt oder Materie die Entladung in den Erdboden erleichtern, das Herabsinken derselben befördert. Man sieht oft deutlich, wie schon oben bemerkt ist, einzelne Gewitterwolken herabsteigen, sich entladen, und dann eben so schnell wieder in die Höhe gehen. Wenn Gewitter, wie das der Fall seyn kann, sich in niedrigen Gegenden gebildet haben, so ist die Gefahr des Einschlagens des Blitzes um so größer. Eine Zwischenwolke, die zwischen einer stark elektrisirten Wolke (oder im DE LUC'SCHEN Sinne zwischen einer Gegend der Atmosphäre, wo die Erzeugung der Gewitter-Elektricität eben jetzt sehr rasch vor sich geht) und einem eine Leitung zur Erde gewährenden Gegenstande sich befindet, kann auch durch die bloß vermöge der Vertheilung erzeugte Elektricität das Einschlagen des Blitzes veranlassen. Ist sie nämlich dem Gegenstande nahe genug, so kann die durch den Drang der über ihr befindlichen Gewitterwolke zurückgetriebene und nach unten in ihr sich anhäufende Elektricität zu einer elektrischen Explosion Veranlassung geben, ohngeachtet ihre eigene Elektricität nicht stark genug gewesen wäre, einen Blitzstrahl zu geben. Eine solche Zwischenwolke kann aber auch als bloßer Leiter dienen. Auch wenn keine Zwischenwolke vorhanden ist, kann die mehr feuchte Beschaffenheit der zwischen befindlichen Luft die Explosion befördern.

Was die Materie der Körper betrifft, so wird im Allgemeinen die Entladung durch das bessere elektrische Leitungsvermögen der Körper bestimmt, wobei jedoch nur die Summe

der ganzen Leitung bis zum Ziele des Erdbodens den Ausschlag giebt.

Sehr viel kommt endlich in Ansehung der Anlockung auf die Gestalt der Gegenstände an. Schmale hervorragende Theile, z. B. Knöpfe, Schornsteine auf Gebäuden, hoch in die Luft ragende Bäume, Menschen, Thiere, Korngarben, Heuhaufen auf freiem Felde werden leichter und in gröſserer Ferne getroffen. So giebt es Fälle, wo der Blitz aus einer ziemlichen Entfernung schräg gegen den Schornstein eines Hauses gefahren ist, ohne die näher liegenden platten Theile des Dachs zu berühren. Reimarus führt auch einen merkwürdigen Fall an, wo ein niedriges Haus, welches an ein gröſseres, mit einem Blitzableiter versehenes, angebauet war, doch an einer Ecke getroffen wurde, ohne Zweifel weil von der Wolke aus bis ganz in die feuchte Erde auf diesem Wege die vollkommenste Leitung statt fand. Findet der Blitz mehrere gleich geschickte Gegenstände in seiner Schlagweite, so theilt er sich bisweilen in mehrere Strahlen, doch hängt diese Theilung vorzüglich von den Bedingungen seiner weiteren Fortleitung ab. Daſs, wie Helvig will, der Weg des Blitzes häufig mehr durch die verschiedenen Absprünge bestimmt werde, die er in der Luft erleidet, und daſs er besonders darum öfters an hohen Gebäuden vorübergehe (?) und auf die nicht fern davon befindliche niedrige Hütte treffe, weil etwa an dem Dache des hohen Gebäudes die vor dem Blitze hergetriebene Luft auf einen solchen Grad zusammengedrückt war, daſs sie den Blitz nach jener Hütte hin reflectiren konnte, ist nicht wahrscheinlich, da die Voraussetzung selbst mit der Erfahrung nicht übereinstimmt, und sich das Einschlagen in niedrigere Gebäude auf die angegebene Weise richtiger erklären läſst. Die Beförderung des Anfalls des Blitzes ist indeſs in der Regel für keine eigentliche Anlockung der Wolken selbst zu halten. Der Zug der Wetterwolken wird durch ganz andere Ursachen bestimmt. Gebirge können ihn aufhalten, daher man einige derselben Wetterscheiden nennt; auch scheint der Lauf der Ströme nebst Ebbe und Fluth einigen Einfluſs darauf zu haben. Hier in Kiel steigen die Gewitter gewöhnlich in Südwesten auf, und ziehen sich nach Osten vielleicht durch die Anlockung der groſsen

Wassermasse der Ostsee, die sich in der letzteren Richtung befindet. Im Ganzen wird zwar die Wetterwolke von der in einen entgegengesetzten elektrischen Zustand versetzten Erdfläche angezogen, aber die besondere Anziehung eines einzelnen Körpers ist gewiſs nicht vermögend, eine ganze Wolke heranzuziehen. Wenn man beobachtet hat, daſs die Gewitter wiederholt in dasselbe Gebäude, denselben Thurm eingeschlagen habe, so rührt dies nicht von einer eigentlichen Anlockung, sondern von dem in derselben Gegend sich im Ganzen gleichbleibenden Zuge der Gewitterwolken her, wo dann in ihrem Fortgange der Blitz da einschlägt, wo er am leichtesten seinen weiteren Fortgang nach dem Ziele, nach welchem er strebt, findet. Wo keine hervorragende Leiter sind, da wird der Ausbruch nur zurückgehalten, die Ladung häuft sich um so mehr an, da der Proceſs der Wolkenbildung und der Elektricitätserzeugung im Gewitter selbst ein fortschreitender ist, und bricht nachher desto gewaltsamer aus. Daher die heftigen Schläge, mit welchen sich das Gewitter auf dem Meere, auf einem freien Felde entladet. Der Drang, oder die elektrische Ladung einer Wetterwolke erneuert sich oft nach gewissen Zwischenräumen, indem durch neuen Niederschlag ein neuer Vorrath von Elektricität frei geworden ist. So schlug in Halle nach Klügel's[1] Erzählung der Blitz innerhalb 2 bis 3 Minuten an 4 Orten, die in einem Striche 420, 670 und 1170 Schritte von einander entfernt lagen, ein. De Luc würde dies wiederholte neue Gewitter-Detonationen nennen, durch welche jedesmal erst die sich im Blitze ergieſsende elektrische Materie im Augenblicke selbst erzeugt wird. Oft können auch wiederholte Blitze aus mehreren auf einander folgenden oder an einem andern Orte zusammenkommenden Wolken entstehen.

Man findet bisweilen auf den Wiesen sogenannte *Zauberkreise* (Fairy - Circles) von 3 bis 4 Schuh Durchmesser, in welchen das Gras vom Blitze versengt ist, nach dem Abmähen aber viel frischer und grüner als an den übrigen Stellen

1 Beschreibung der Wirkungen eines heftigen Gewitters, welches am 12. July 1779 die Stadt Halle betroffen. Halle 8.

wieder wächst[1]. Vielleicht fällt in diesem Falle, wo keine besonderen Hervorragungen statt finden, der Blitz auf einmal in gröfserem Umfange herab.

III. Verhalten des Blitzes nach dem Einschlagen auf seinem weiteren Fortgange zur Erde. Bahn des Blitzes.

Die Gesetze des Verhaltens des Strahls auf seinem weiteren Fortgange zur Erde werden durch die leitende oder nicht leitende Beschaffenheit der Körper bestimmt, und am sichersten aus Erfahrungen über Wetterschläge selbst erforscht, die indefs in der Hauptsache dieselben Resultate geben, welche wir durch unsere Versuche *im Kleinen* erhalten. *Das deutlichste Zeichen einer geringeren Anlockung auf dieser Bahn ist, wenn man den Blitz unter einerlei Umständen einen Körper verlassen sieht, um einem andern zuzuspringen.* So wird der Blitz durch alle feste Körper mehr als durch die Luft gelockt, er fährt z. B. nie durch offene Thüren und Fenster, folgt also auch nicht der Zugluft, sondern *streicht an Sparren, Mauern, Pfosten u. s. w. herab.* Darum kann man sich auch nicht darauf verlassen, dafs der Blitz gewisse Körper niemals treffe, von denen man dieses gesagt hat, z. B. Buchen, Tannen, Birken, Lorbeerbäume und Theezweige[2]. Es kommt immer darauf an, ob er aufser ihnen einen bessern Leiter findet. *Die besten Leiter des Blitzes sind unstreitig die Metalle, diese trifft er vorzüglich, geht an ihnen fort, so weit sie reichen, verläfst auch andere Körper, die ihn vorher leiteten, um Metalle zu ergreifen.* Daher trifft der Wetterstrahl so leicht metallene Knöpfe und Dächer auf Thürmen und Gebäuden, doch meistens nur in solchen Fällen, wo ihn dann auch auf dem übrigen Theile seines Weges das meiste Metall zur Erde leiten kann. Wie sich der Blitz an den Drähten der Schellenzüge, der Gypsdecken, der zum Anwurfe berohrter Balken der Zimmer durch alle Biegungen derselben, eben so längs der vergoldeten Leisten der Gesimse hinziehe, ist bekannt, und *schon von*

---

1 Phil. Trans. X. 594 und XXXIII. 366.

2 Plin. histor. nat. XVII. 30.

Franklin bemerkt worden. Wenn hiervon in einzelnen Fällen dem Scheine nach Ausnahmen sich zeigen, so muſs man ja nie das Hauptgesetz aus dem Auge verlieren, welches alles wieder unter die Regel bringt, daſs der Bitz im Ganzen genommen der Bahn folgt, auf welcher er den wenigsten Widerstand findet, er nimmt nicht eben den nächsten, aber den leichtesten Weg, auf welchem die Summe der Leitung im Ganzen die gröſste ist, und seine Bahn wird daher nicht durch einzelne Stellen, sondern durch die Beschaffenheit des ganzen Zwischenraumes bestimmt, den er bis zur entgegengesetzten Elektricität, als seinem Ziele, zu durchlaufen hat. So bewirkt ein einzelnes Stück Metall auf einem Gebäude noch nicht, daſs diese Stelle vorzüglich getroffen wird, dagegen der Blitz, wenn er auch *auswärts* kein Metall findet, doch mit Zertrümmerung der dazwischen liegenden Nichtleiter dahin schlägt, wo sich ihm inwendig die beste Leitung zum Ziele darbietet.

Eine zusammenhängende Strecke Metall verläſst der Blitz nur da, wo er einen leichteren Weg zur Erde findet, d. i. 1. wenn das übrige Ende der Strecke ihn nicht zur Erde, sondern in die freie Luft führen würde, also z. B. Regenröhren, die in einiger Entfernung von der Erde endigen; 2. wenn die Umwege zu weit sind, und er in der Nähe zu einem kürzern oder bessern Leiter gelangen kann; 3. wenn der Umfang des Leiters zu gering, und ein reichlicherer in der Nähe ist; in diesem Falle theilt er sich öfters zwischen beide. Eben dasselbe bestätigen auch die elektrischen Versuche an der groſsen Maschine zu Harlem [1], in welcher bei Anwendung eines sehr dünnen Drahts zur Leitung des Entladungsfunkens von der innern Seite der Batterie zur äuſsern der Funken auf einen daneben gespannten Draht, selbst durch einen doppelten Zwischenraum Luft von 0'',75 übersprang, was gleichmäſsig der Fall war, als eine nicht stark gespannte Kette, deren Glieder übrigens aus ziemlich dickem Drahte verfertigt waren, angewandt wurde. 4. Wenn eine Metallstrecke einen Strahl am Ende auf widerstehende Körper

1 van Marum première continuation des experiences faites par le moyen de la machine Teylerienne à Harlem 1787. 4. Chap. VII. p. 150.

führen würde, und eine andere, wenn gleich unvollkommene Leitung ihn beträchtlich tiefer bringen kann, so verläſst er jenes Metall da, wo er den leichtesten Uebersprung oder Durchbruch zu diesem anderen Wege machen kann. Durch diesen Fall muſs man sich nicht irre machen lassen. Wenn gleich der Strahl eine Strecke verläſst, auf der er weiter hätte gehen können, so kommt es doch hier nicht auf die Länge des Zwischenraumes an, sondern auf die Leichtigkeit des Gelangens zum Ziele. So wird der Blitz z. B. weder von a bis c noch von b bis g fortlaufen, und über mn, hk nur quer hinstreichen, um zu seinem Ziele x zu gelangen, wenn er gleich dabei kleine Zwischenräume Luft, wie bei b und f, durchbrechen muſs. Im Kleinen kann man dasselbe mit in jener Form ausgeschnittenem Gold- oder Silberpapier anschaulich machen, wo der Entladungsfunken seine Spur durch die Oxydation des Metalles zurückläſst. So weicht der Strahl von einem kupfernen Thurmdache, dessen Rand unten nur auf die Mauer führen würde, mitten ab, um auf eine weiter herunter reichende Stange, Draht u. s. w. zu springen. Doch kann es auch Fälle geben, wo vielleicht groſse Massen von Elektricität auf solchen Leitern sich gleichsam einen Augenblick anhäufen und eine gewisse Spannung, bis zum Ausströmen, erlangen, wenn der eigentliche Ableiter, dem sie folgen, nicht hinreicht, um die ganze Quantität schnell genug abzuleiten. So erzählt der Rec. von Gützle's Schrift über Blitzableiter[1] einen Fall, wo der Blitz den Ableiter eines Kirchthurms traf, welcher auf das kupferne Dach geleitet war, und von dort der Erde zulief. Man bemerkte nirgend eine Spur von der Wirkung des Blizzes, aber an den Kanten des Dachs sprühte überall sichtbar das Feuer umher[2].

Fig. 217.

Nächst den Metallen scheinen Menschen und Thiere die vorzüglichsten Leiter, und in diesem Sinne die am meisten anlockenden Gegenstände des Blitzes auf seiner weiteren Bahn zur Erde zu seyn. Auf Menschen und Thiere trifft der Blitz vorzüglich leicht, wenn sie im freien Felde die einzi-

1 No. 17 des Jahrgangs 1806 der A. L. Z.

2 Vgl. *Blitzableiter.*

gen hervorragenden Gegenstände sind oder sonst seiner Bahn im Wege stehen, z. B. sich zwischen zweien Metallen oder einem Metall und der Erde befinden, wo der Blitz einen Uebergang sucht. In diesem Falle verläfst er Holz und Steine, um den menschlichen oder thierischen Körper zu ergreifen. So wurden in einzelnen Fällen Menschen erschlagen, welche unter einem Baume oder Heuhaufen Schutz gesucht, oder sich nahe an eine Wand, in die Ecke des Zimmers, unter ein Thürgerüste, in einen Thorweg u. s. w. gestellt hatten. Reimarus hat viele merkwürdige Fälle dieser Art aufgezeichnet, namentlich einen in seiner ersten Schrift S. 120, wo von 20 Menschen, die sich unter eine lebendige Hecke gegen Platzregen in Schutz begeben, 4 von einem Wetterschlage, den die Leute in der Nähe in der Form einer feurigen Kugel hatten herabschiefsen gesehen, getödtet, und acht andere verwundet wurden, und in seiner zweiten Abhandlung S. 156 einen Fall, wo ein Blitz, der in einen Baum geschlagen, wo mehrere Personen ganz nahe sich befanden, sich in mehrere Nebenstrahlen getheilt, eine Person erschlagen, die übrigen, auf welche nur von der Seite Strahlen zugesprungen, an der Haut verletzt und durch die Erschütterung betäubt hatte. Doch macht der Blitz, um Menschen seitwärts zu treffen, nie einen weiten Absprung von anderen Körpern durch die Luft. Kleine abgesonderte Stücke Metall, am Leibe getragen, können den Blitz nicht füglich anlocken, gröfsere Massen aber, als Gewehre oder als Lasten getragene Stangen allerdings. Ununterbrochenes, in einer Strecke fortgesetztes Metall schützt aber auch den Menschen, denn der Blitz verläfst es nie, springt auch, wo es aufhört, eher durch die Luft auf anderes nahes Metall als auf den Menschen. Goldene Tressen können daher auch bisweilen dienen, den Strahl leichter an der Oberfläche der Kleider hinzuleiten. Von Holz und Steinen springt der Blitz sehr leicht auf den menschlichen Körper; auch trockene Kleider von Seide, Wolle, Haaren (Pelzwerk), Leder werden durchlöchert, und der Strahl zieht ihnen den Weg an dem menschlichen Körper vor, der in diesem Falle leicht beschädigt wird[1]. Eben so anlockend wie der mensch-

---

1 S. *Platzungen.*

liche Körper ist der Körper der Thiere, namentlich der Pferde, ja dieser scheint sogar eine bessere Leitung zu gewähren, als jener, wie schon PLINIUS bemerkt, wahrscheinlich in mehreren Fällen mehr angelockt durch die Dunstwolke, die sich über Pferden, die angestrengt werden, befindet, die öfters erschlagen worden sind, wenn der Fuhrmann selbst auf dem Bocke unbeschädigt blieb[1].

Nächst den Menschen und Thieren folgt der Blitz vorzüglich dem Wasser und der Feuchtigkeit, wobei man jedoch nie vergessen darf, daſs ersteres doch immer nur ein sehr unvollkommener Leiter in Vergleich mit den Metallen ist, deren Leitungsvermögen bei gleicher Oberfläche wohl einige hunderttausendmal gröſser ist[2]. So nimmt der Blitz beim Einschlagen in lebendige Bäume seinen Weg durch den mit dem Safte angefüllten Zwischenraum zwischen Holz und Rinde und schält letztern ab, oder durchreiſst sie mit Furchen. Eben so fährt der Strahl an der feuchten Bemörtelung der Mauern herab. Ein auffallendes Beispiel der Anlockung durch Wasser erzählt v. YELIN[3], wo ein Blitz, der in dem Wetterableiter auf dem Thurme des Schlosses zu Seefeld in Baiern einschlug, aber wegen der Unvollkommenheit desselben nicht gehörig abgeleitet wurde, sich in drei Strahlen theilte, wovon der eine sich den Weg durch das Innere des Thurms bahnte, und ein Gewölbe durchbohrte, um zu einem, in einer Küche befindlichen, in einem marmornen Bassin ein- und auslaufenden Wasser zu gelangen. Auch aufsteigende Dämpfe und Rauch sind Leiter des Blitzes, der daher bisweilen durch den Schornstein zum Feuerheerde geführt wird, wobei jedoch der innere Ueberzug der Schornsteine durch Ruſs wohl am meisten zur weitern Fortleitung dient. Solche Ueberzüge von leitenden kohligen Substanzen gewähren dem Blitze überhaupt leicht einen Fortgang an ihrer Oberfläche, so z. B. ein Ueberzug von Kienruſs und Theer. HENLEY[4] führt an, daſs 1776 der Blitz einen Schiffsmast an allen mit

---

1 Reimarus vom Blitze. Erste Abhandlung. S. 107.

2 S. *Leiter, elektrische.*

3 in der oben angeführten Schrift 2. Aufl. S. 58.

4 Phil. Trans. Vol. LXVII. p. 85.

Kienrufs und Oel bestrichenen oder getheerten Stellen unbeschädigt gelassen, an den übrigen mit Fett bestrichenen aber zersplittert habe. CAVALLO[1] fand, dafs jede stark aufgetragene Oelfarbe die Fläche vor den Beschädigungen der darüber gehenden elektrischen Schläge schützte. Durch den Regen lösen sich zwar die Gewitterwolken auf, allein er setzt, ehe dies geschieht, durch die überall verbreitete Leitung Orte in Gefahr, die in trockener Luft vielleicht sicher geblieben wären. Dafs mit den heftigen Regengüssen, wie schon oben bemerkt, oft die stärksten Schläge fallen, hat seinen Grund darin, dafs mit der schnellen Verdichtung der Dünste zu Regen gleichzeitig die vorher gebundene Elektricität frei wird und in einem bestimmten Raume zu einer hohen Spannung gelangen kann.

Eine *Theilung des Blitzes* in mehrere Strahlen bei seinem Fortgange zum Ziele kann erfolgen, 1. wenn keine vollständige Bahn durch gute Leiter, sondern mehrere abgebrochene, gleich bequeme, Metallstrecken vorhanden sind, 2. wenn der metallische Leiter zwar vollständig, aber in Beziehung auf die Stärke des Wetterstrahls nicht zureichend ist, und andere Metallstrecken in der Nähe erreicht werden können, wozu der von v. YELIN[2] beschriebene, am 30. April 1822 erfolgte Blitzschlag auf dem Kirchthurme zu Rofsstall im Königreiche Baiern einen interessanten Beleg giebt, wo ein heftiger Blitzstrahl an dem aus zu dünnen und zu wenigen Messingdrähten geflochtenen Ableitungsseile keine hinlängliche Fortleitung fand, und daher am Zifferblatte, wo durch das viele Eisen des innern Uhrwerks eine starke Anlockung nach Innen statt fand, sich theilte, und ein Strahl den Ableiter verliefs, die Hälfte des Zifferblattes zersplitterte und in das Innere des Thurms eindrang, während zwei andere Strahlen den Ableitungsdrähten des Thurms und der Kirche folgten; 3. wenn an dem Metalle, das der Blitz ergriffen hat, mehrere andere zusammenhängende und ziemlich weit herunterführende Metallstrecken angetroffen werden. 4. vorzüglich aber, wo der Blitz seinen Weg durch schlechte

1 Vollständ. Abh. von der El. I. 366.

2 a. a. O. S. 14. 15.

Leiter nehmen muſs, daher die ausgebreitete Beschädigung an Häusern, wo sich keine Strecken von Metall befinden, die Entzündung der Strohdächer von einem Ende zum andern u. s. w.

Das *endliche Ziel*, auf welches der Wetterstrahl fortgeht, ist stets die feuchte Erde, oder das Wasser. Dies beweisen alle Spuren, die er an den Körpern, an denen er fortgeleitet worden ist, hinterlassen hat. Solche Spuren zeigen sich vom höchsten Puncte, auf welchem der Anfang sichtlich statt gefunden hat, bis zu jenem Ziele; sobald er dieses erreicht hat, hören alle seine Wirkungen auf, und er vertheilt sich unbemerkt durch die leitende Feuchtigkeit der Erde. Wenn er auch noch kurz vor seinem Ziele eine groſse Gewalt ausgeübt hat, so ist auf der Oberfläche der Erde, auf welche er übergegangen ist, doch keine weitere Spur zu entdecken, wie unter andern ein von Reimarus [1] mitgetheilter Fall beweist, wo ein getheilter Strahl auf seinem Wege Metall geschmolzen, Löcher in die Mauer geschlagen, und noch am Ende des untern eisernen Thürgehänges das Holz abgesplittert, endlich aber sich zu beiden Seiten auf der Oberfläche des nassen Steinpflasters vertheilt hat, ohne die geringste Spur zurückzulassen. Ob aber die *Oberfläche* der Erde als solche, oder vielmehr das Innere derselben das wahre Ziel des Blitzes sey, darüber ist man nicht vollkommen einverstanden, und die von einander abweichenden Ansichten haben, wie wir in der Folge sehen werden, vorzüglich auf die Einrichtung der Blitzableiter ihren Einfluſs geäuſsert. Reimarus erklärt sich ganz bestimmt dafür, daſs die *eigentliche Oberfläche der Erde diese Ziel sey*, und beruft sich auf Erfahrungen, wo der Blitz an Blitzableitern, die in die Erde versenkt waren, zwar seinen Weg bis ans Ende derselben verfolgt, von da aus aber Erde und Steinpflaster aufgewühlt hat, um nach der Oberfläche zu gelangen [2]. Auch spricht dafür die ganz allgemeine Erfahrung, daſs wenn der Blitzstrahl auf seiner Bahn an der Ober-

1 2. Abh. S. 26. 27.

2 Mehrere solche Erfahrungen sind in der ersten Abhandlung. 139. 153 flg. und in der zweiten S. 116 flg. mitgetheilt.

fläche angelangt ist, keine weitere Spuren von Zerstörung zu entdecken sind, die sich doch an dem unter der Erde befindlichen Mauerwerk, in Kellern, am Steinpflaster, dem Boden überhaupt häufig finden müfsten. Nur wenn die Oberfläche der Erde eine sehr unvollkommene Leitung gewährt z. B. in Sandheiden, deren Quarzkörner als Nichtleiter zu betrachten sind, dringt der Blitz wohl auch in die Tiefe ein, um dort das quellige, besser leitende Erdreich aufzusuchen, wie seine Spuren in den *Blitzröhren* beweisen[1], die Reimarus bei Abfassung seiner beiden Abhandlungen noch unbekannt waren. Ob dieser Fortgang des Blitzstrahles in einer wirklichen Bewegung einer Materie von einem Ende zum andern bestehe, läfst sich unmittelbar aus Erfahrungen nicht darthun, und mufs aus der Theorie der elektrischen Erscheinungen selbst entschieden werden.

Es ist hier wohl der schicklichste Ort, wenigstens mit einem Worte der aufwärts gehenden Blitze zu erwähnen. Maffei[2] wagte die sonderbare Behauptung, dafs alle Blitze aus der Erde aufsteigen. Er selbst, so wie Chappe d'Auteroche u. a. wollen deutlich einige Blitze aus der Erde kommen gesehen haben[3]. Der Pater Cotte erzählt[4], er habe den Strahl zugleich von der Erde auf und aus den Wolken herabfahren gesehen. Man hat sogar besondere Zurüstungen gegen diese aufwärts fahrenden Blitze in Vorschlag gebracht, wie z. B. Bertholon de St. Lazare[5]. Wenn man unsere obige Theorie des Wetterstrahls und unsere Vergleichung der Gewitterwolke und der Oberfläche der Erde mit den beiden Belegungen einer Batterie, von denen die positive, von welcher die Ladung ausgegangen ist, mit der ersteren übereinkommt, zum Grunde legt, so gilt hier alles, was für die Bewegung der Elektricität bei der Entladung einer Batterie aus unsern Versuchen sich ergiebt. Nimmt man

1 S. *Blitzröhren*.

2 Della Formazione dei fulmini. Verona 1747.

3 Lichtenberg Mag. II. 2. S. 35.

4 Mém. de Paris 1767.

5 Mémoire sur un nouveau moyen de se préserver de la foudre, in den Mémoires de la société royale des sciences de Montpellier, und in seinem Buche de l'électricité des Météores. Tome I. p. 228 flgd.

eine eigene negative Elektricität an, so wird diese der positiven Elektricität der Wolken allerdings entgegen kommen, und in diesem Sinne könnte man auch mit Gehler behaupten, daſs sich Licht und Erschütterung von beiden Seiten der Wolke und der Erde her begegnen. Wir finden aber doch auch in der Entladung der Batterie, daſs die Spuren der Thätigkeit und Bewegung sich von der positiven Seite aus nach der negativen verfolgen lassen, und daſs überhaupt die Wirkung von da ausgeht, wo freie, ungebundene Elektricität ist. Die negative Elektricität der Erde ist auf jeden Fall als durch die positive der Wolken vollkommen gebunden zu betrachten, und bei allem Zuge, welchen erstere gegen letztere hat, wird doch immer die mit freier Spannung begabte positive Elektricität der Gewitterwolke eher durchbrechen, und bei der Schnelligkeit, welche der Elektricität in ihrer Bewegung zukommt, den Weg zurückgelegt haben, auf welchem sie zur Ausgleichung mit ihrem Gegensatze auf der Oberfläche der Erde hineilt. Nach der Franklinschen Ansicht des Wesens der beiden Elektricitäten kann ohnedieſs von keinem aufwärtsfahrenden Blitze von der negativen Seite her die Rede seyn.

IV. Der sogenannte Rückschlag.

Ganz anders verhält es sich mit dem freilich sehr seltenen Falle, wo in Folge eines sogenannten **Rückschlags** (choc en retour; *returning strike*), über dessen Wesen uns zuerst Lord Mahon[1] das rechte Licht aufgesteckt hat, eine dem gewöhnlichen Wetterstrahle gleiche Explosion von der Erde selbst aufwärts nach der Atmosphäre, insbesondere nach einer Wolke hinschlägt, und in ihrer Bahn aufwärts ganz dieselben Gesetze befolgt, wie die positive Elektricität in ihrer Bewegung abwärts von der Gewitterwolke aus. Um sich einen solchen Rückschlag gehörig zu erklären, muſs man auf die Elektricitätserregung durch Mittheilung Rücksicht nehmen. Eine stark geladene Gewitterwolke kann durch ihre Atmosphärenwirkung eine andere Wolke in einen negativ elektrischen Zustand versetzen, indem die positive Elektricität, welche von jener zurückgetrieben worden, sich

1 Principles of electricity. Elmsly 1780. 4.

vielleicht in eine andere in einem gewissen Zeitpuncte jener zweiten nahe gekommene Wolke entladen hat. Entladet sich nun die Gewitterwolke selbst an ihrem einen Ende durch einen Blitzstrahl, so verliert sich ihre Atmosphärenwirkung in demselben Augenblicke auch an ihrem andern Ende, die vorher gebunden gewesene negative Elektricität der zweiten Wolke wird nun gleichsam frei, und kann, unter gewissen Umständen, namentlich bei einer hinlänglichen Nähe einen Rückschlag von positiver Elektricität aus der Erdfläche nach sich hin veranlassen, um sich damit auszugleichen, so dafs auf diese Weise zwei in ihrer Richtung entgegengesetzte Wetterschläge statt finden. Reimarus[1] erzählt einen merkwürdigen Fall, der ohne Zweifel hierher gehört.

Unter die Kategorie des Rückschlags gehören wohl auch die elektrischen Lichtfunken, die man in einem Hause bemerkt, durch dessen Ableiter der Blitzstrahl fährt. Sie hängen ohne Zweifel von dem schnellen Zuströmen der positiven Elektricität ab, um sich mit der negativen aller Gegenstände im Hause auszugleichen, sobald der Drang der Gewitterwolke, welche jene positive zurückgestofsen hatte, durch ihre Entladung aufhört. So führt Trechsel an[2], dafs als im Jahre 1815 der Blitz durch den Ableiter auf dem Museum schlug, in einem benachbarten Hause, wo eben eine Tischgesellschaft versammelt war, an den Spitzen der Messer und Gabeln Lichtfunken bemerkt wurden. Eine ähnliche Lichtströmung wurde im Jahre 1814 im Berner grofsen Spitale bemerkt, als der Blitz durch den Ableiter ging. Dafs jene Funken nicht directe Ausströmungen des herabfahrenden Blitzes selbst gewesen seyn konnten, folgt schon aus der Entfernung jenes Gebäudes vom Blitzableiter. Dafs diese Art von schneller Ausgleichung oder Zurückströmung der positiven Elektricität höchstens nur schwache Funken hervorbringen kann, wie auch die Erfahrung lehrt, kann nicht auffallen, wenn man bedenkt, aus welcher Entfernung die Gewitterwolke ihre Atmosphärenwirkung ausgeübt hat, und wie wenig die Gegenstände in einem Hause bei ihrer unvoll-

1 Zweite Abhandlung. S. 13 — 19.

2 G. LXIV. 260 in der Anm.

kommenen Leitung geeignet sind, diese vertheilende Wirkung zuzulassen.

V. Wirkungen des Blitzes auf seinem Fortgange an den Körpern und durch dieselben nach seinem Ziele. Platzungen.

Der Blitz bezeichnet seine ganze Bahn an den Körpern nach dem Erdboden hin durch mancherlei zum Theil höchst merkwürdige Wirkungen, die neben der besonderen Natur der Körper, an denen er hinfährt, vorzüglich dadurch bestimmt werden, ob sie dem Blitze eine mehr oder weniger vollkommene Leitung gewähren.

a. Wirkungen des Blitzes auf Menschen und Thiere. Hülfsmittel zur Wiederbelebung vom Blitze getroffener Menschen.

Immer ist der Wetterstrahl für die Menschen, die von ihm getroffen werden, höchst gefährlich, und die Beispiele der durch den Blitz Erschlagenen sind nicht selten. Doch sind auch merkwürdige Fälle, wo Menschen, die vom Blitze getroffen wurden, mit sehr leichten Beschädigungen glücklich entkamen. Die stärksten Verletzungen veranlaſst der Blitz beim Zu- und Abspringen, auch hängen sie von dem Widerstande der Kleider ab. Alle Erfahrungen setzen es nämlich auſser allen Zweifel, daſs der Blitz hauptsächlich an der Oberfläche des Körpers hingeht, und weniger in das Innere eindringt, daher auch keine solche Zerreiſsungen und Zerstörungen, wie man ihm sont andichtete, verursacht. Nur durch Erschütterung, besonders wenn er beim Zuspringen den Schädel unmittelbar trifft, und davon abhängige gänzliche Vernichtung der Nervenkraft, in einzelnen Fällen wohl auch durch Erstickung tödtet der Blitz, nur in äuſserst seltenen Fällen aber durch auffallende Zerstörung innerer Organe. Ehemals glaubte man, der Blitz durchdringe den Körper und zerschmettere die Knochen, nachmals lieſs man ihn vorzüglich durch die Flüssigkeiten des Körpers geleitet werden; endlich kam die Lehrmeinung auf, daſs er durch die Nerven gehe; weil diese vorzüglich gute Leiter sind, und ihre Wirkung überhaupt eine besondere Gemeinschaft mit

der Elektricität haben soll. Die von REIMARUS[1] sorgfältig gesammelten Erfahrungen über Wetterschläge auf Menschen, haben alles hierin in ein deutliches Licht gestellt, und liefern überzeugende Gründe für unsere vorangestellte Behauptung von der Fortleitung des Blitzes über die Oberfläche des menschlichen Körpers und von der Einwirkung auf das Nervensystem durch die der Elektricität eigenthümliche Erschütterung.

1. Allenthalben zeigten sich bei Erschlagenen fleckweise und strichweise Versengungen (schwarze Streifen) an der Oberfläche der Haut und der inneren Seite der Bekleidung.
2. Die Bahn, welche dadurch bezeichnet ward, war weder nach der Lage der Knochen, noch nach dem Laufe der Adern oder Nerven, sondern einige unregelmäſsige Zertheilung und Ausbreitung abgerechnet, im Ganzen auf dem kürzesten Wege von der Stelle des Zusprungs zum Absprunge zur Erde oder zu einem Metalle hingerichtet.
3. Auſser den Stellen des Zu- und Absprungs waren die Verletzungen da am stärksten, wo die freie Ausbreitung unter der Kleidung am meisten gehindert worden war. Die Kleidungsstücke wurden an der Stelle des Ab- und Zusprunges verletzt, durchbohrt, überdies auch durch die Platzung abwärts gerissen, zuweilen über den ganzen Körper, ohne sonderliche Verletzung desselben.
4. Der Grad der Verletzung nahm von auſsen nach innen ab, nicht umgekehrt. Es wurden Haare versengt — bisweilen ohne alle sonstige üble Folgen, bisweilen auch nur mit Betäubung, ungeachtet selbst die Haarnadeln geschmolzen waren[2] — dann die Oberhaut, weiter die Haut, bisweilen auch einige darunter liegende Theile, aber immer litten die äuſsern Theile mehr als die innern. Die durch den Blitz gleichsam ganz getödteten Hautstellen starben als harte Borken ab, und die davon entstehenden Geschwüre widerstanden hartnäckiger als andere einfache Geschwüre der Heilung. Merkwürdig sind die mit den Lichtenbergischen Figuren auf dem Electrophore ganz

---

1 In seiner ältern Abhandlung vom Blitze §. 62 — 66 und in seinen neuern Erfahrungen §. 58 — 67.

2 G. LXIV. 269.

übereinstimmenden Zeichnungen, welche der Blitz bisweilen auf der Haut zurückläfst. BRANDIS[1] erzählt einen solchen Fall, wo sich auf der Brust eines vom Blitze erschlagenen Frauenzimmers Flecken von der Gröfse eines Guldens, mitten weifs und rund umher in strahlichte Ramificationen sich verlaufend zeigten. Dieser Fall bestätigte auch sonst auf eine merkwürdige Weise das allgemeine Gesetz der Fortleitung des Blitzes an der Oberfläche des Körpers. Das Frauenzimmer war an der rechten Schläfe vom Blitze getroffen, hier war an den äufsern Hautbedeckungen ein sugillirter Fleck, etwa einen halben Zoll im Durchmesser, und in der Mitte eine kleine Oeffnung, der Knochen darunter war aber nicht verletzt, ein grofser Theil der Haare, vorzüglich an der entgegengesetzten linken Seite des Kopfes, war verbrannt, und an den der Länge nach aufgerissenen Kleidern bemerkte man deutliche Spuren von Brand und Kohle, und den hölzernen Absatz am Schuhe, wo der Strahl seinen Ausgang genommen, fand man gänzlich zerschmettert.

5. Die öftere Wiederherstellung der vom Blitze getroffenen Menschen liefse sich nicht erklären, wenn der Strahl durch die inneren Theile gefahren wäre, und diese *wesentlich* verletzt hätte.

6. Wenn auch zuweilen Verletzungen der mit Haut bedeckten Theile und Blutergiefsungen entstanden, oder Knochen gebrochen wurden, so blieben doch dabei die zarten inneren Theile unverletzt, zum Beweise, dafs diese Wirkungen mehr durch äufsern Stofs und Platzung, als durch innere Zerstörung verursacht worden sind. Bei einem Falle, wo das Trommelfell im Ohre zerrissen und Spaltungen im Hirnschädel entstanden waren, fand sich doch weder die Haut noch die harte Hirnhaut durchbohrt, Gehirn und Eingeweide unverletzt, und die übrigen Spuren zeigten offenbar ein Herabstreichen an der Haut. Wo auch Wunden in der Haut verursacht waren, hatte doch der Strahl seinen Weg nicht durch die Blutgefäfse fortgesetzt, sondern seine Bahn wie sonst aufserhalb verfolgt.

1 Versuch über die Lebenskraft, Hannover. 1795. S. 108.

Nie findet man bei den vom Blitze Erschlagenen die Adern zerrissen oder vom Blute leer. Auch bei den durch elektrische Schläge getödteten Thieren fand Landriani [1] die Pulsadern immer voll von Blut, selbst viele Stunden nach dem Tode des Thieres. Es wird nämlich die Reizbarkeit, die sonst vermöge der von ihr abhängigen Zusammenziehung der Pulsadern das Blut heraustreibt, durch den Schlag gänzlich zerstört, und das Thier stirbt gleichsam auf einmal in allen seinen Theilen, ohne dafs irgend ein Hauptgefäfs zerrissen wurde. Hiermit stimmen auch die Versuche überein, welche van Marum [2] mit der grofsen Teylerschen Maschine zu Harlem angestellt hat, und welche die *Zerstörung der Reizbarkeit* im thierischen Körper als die constante Wirkung der elektrischen Schläge von hinlänglicher Stärke zeigten. Diese entschiedene Einwirkung auf die Reizbarkeit, die Abhängigkeit letzterer von den Nerven, und die merkwürdige Rolle, welche diese in den Phänomenen der elektrischen Fische spielen, könnte vielleicht auf den Gedanken leiten, dafs der Blitz den Nerven folge und in seinem Durchgange durch sie auf irgend eine Weise, etwa durch Zerstörung ihrer feineren Organisation ihre Kraft vernichte. Diese Fortleitung des Blitzes durch die Nerven wollte auch wirklich Hemmer [3] durch einen elektrischen Versuch beweisen, welchem zufolge eine Leidner Flasche durch die Nerven einer frisch getödteten Katze eben so leicht als durch Metalldraht entladen wurde. Allein hier ist die Frage, ob der Blitz auch bei unentblöfsten Nerven den Weg durch sie aufsuche und vor andern wähle, und diese läfst sich nicht durch elektrische Versuche, sondern nur durch wirkliche Erfahrungen von Wetterschlägen entscheiden. Bei diesen findet man keine Spur davon, dafs der Blitz durch die Nerven vorzugsweise gehe. In einem Falle, den Hemmer selbst erzählt, traf ein Schlag einen Soldaten am Nacken, dicht am Rückenmarke, ohne doch

1 Dei Conduttori elettrici.

2 Grens J. VI. 37.

3 Comment. acad. Theod. Palat. Vol. V. p. 156.

durchzudringen, die Spuren zeigten eine ganz andere Bahn, die Verletzungen waren nur oberflächlich, und der Getroffene in eilf Tagen wieder hergestellt. Was müfste auch der Blitz für Zerstörungen in so zarten Theilen anrichten, da er einen weit stärkeren Metalldraht schmelzt und in Dampf verwandelt? Unsere Behauptung, dafs der Blitz an der Oberfläche des Körpers hingehe, wird auch noch durch Versuche des Dr. Raschig in Dresden bestätigt, welche dieser Physiker zur Aufklärung der Wirkungsart des Blitzes in verschiedenen Fällen angestellt hat. Er fand nämlich [1], dafs die Schläge bis zum Ausströmen geladener Flaschen von einem Quadratfufs Belegung, erst einer und dann zweier mit einander verbundener, sichtlich an der Oberfläche des Körpers einer Eidechse, die den Verbindungskreis zwischen den beiden Belegungen bildete, hinfuhren, und in diesem Falle nur eine vorübergehende Betäubung bewirkten, während eine *mäfsig starke geladene Flasche*, die nur einen kurzen rothen Funken gab, das Thier tödtete. Er erklärt sich diesen Unterschied daher, dafs im letzteren Falle die Elektricität, die nicht stark genug gewesen sey, um längs des ganzen Körpers der Eidechse als Funken hinzufahren, in das Innere desselben eingedrungen, und dadurch dem Leben nachtheilig geworden sey, und findet darin zugleich eine leichte Erklärung davon, wie es zugehe, dafs Metalle an Menschen geschmolzen werden können, ohne dafs der Blitz die Person selbst tödtet, und wie oft die heftigsten Blitze, von den fürchterlichsten Donnerschlägen begleitet, Häuser, welche sie treffen, doch nicht in Brand stecken, indefs oft nur mäfsig starke Blitze von nicht sehr heftigem Donner begleitet, Menschen tödteten und Gebäude in Flammen setzen können. Wenn wir nun auch darin Raschig beistimmen, dafs in den Fällen, wo die Elektricität keine hinlängliche Spannung hat, um als Funke an der Oberfläche einer gröfsern Strecke hindurch überzuschlagen, ein Eindringen derselben und eine Fortleitung durch die Säfte des thierischen Körpers und

---

1 G. XXXI. 204.

durch die Nerven statt finden kann, wie denn dies namentlich auch bei der Entladung einer voltaischen Säule durch den Körper der Fall ist, so möchte doch bei einem wirklichen Wetterstrahle stets eine hinreichende Stärke statt finden, um auf die erstere Weise fortgeleitet zu werden. Hinsichtlich auf die Tödtung durch den Blitz bleibt immer der Einfluſs auf die Nerven die Hauptsache. Wir kennen kein anderes Agens, das ohne zugleich äuſserlich wahrnehmbare Verletzungen zu bewirken, durch eine so allgemeine, und das Nervensystem gleichsam in seinem Innersten ergreifende Erschütterung, die polare Lebensspannung desselben so gänzlich auslöschte, und dadurch die Maschine gleichsam im Nu zum Stillstande brächte. Daſs dies bei *allen durch den Blitz Erschlagenen* der Fall war, beweiset die allgemein gemachte Erfahrung, daſs solche Personen unverändert in der Lage gefunden wurden, die sie unmittelbar vor ihrem Erschlagenwerden durch den Blitz hatten. Reimarus führt mehrere solche Fälle an, einen z. B. wo zwei vom Blitze Erschlagene, die an eine Hecke, unter der sie Schutz gesucht, angelehnt waren, in ihrer früher unverändert gebliebenen Lage selbst mit offenen Augen angetroffen wurden, der eine mit einem Stück Brod, das er einem Hunde, der auf seinem Schooſse geruht, und der mit erschlagen worden war, reichen wollte [1], eben so eine Frau, die an einem Heuhaufen sitzend vom Blitze erschlagen worden, und die so wenig verändert war, daſs sie noch wie lebend aussah [2], ein Mensch, der hinten auf einem Bote saſs und der vom Blitze getroffen in seiner Stellung sitzend blieb, und für bloſs schlafend gehalten wurde. Auch erwähnt Brandis von jenem Fräulein, dessen Brust Lichtenbergische Figuren zeigte, daſs der Tod so augenblicklich erfolgte, daſs nebenstehende Augenzeugen nicht die mindeste Verzuckung an ihr gesehen hatten, noch von solchen Spuren an dem Leichname zu bemerken waren. Daſs die Körper der vom

1 Erste Abhandlung S. 120.

2 Ebendas. S. 124.

Blitze Erschlagenen sehr schnell in Fäulniſs übergehen [1], daſs das Blut in ihren Gefäſsen nicht gerinnt, sondern flüssig bleibt, davon liegt eben der Grund in der gänzlichen Vernichtung der Nervenkraft.

Eine interessante Bestätigung unserer Darstellung gewährt auch ein neuerlich von Tilesius [2] bekannt gemachter und durch Abbildungen erläuterter Fall, wo ein furchtbarer Wetterstrahl zugleich in zwei hintereinander fahrende Wagen geschlagen, das Pferd vor dem vordern, und in dem 10 Schritte hinterwärts einen jungen Menschen, der einen Regenschirm trug, getödtet, und in dem vordern Wagen zwei Menschen betäubt, und seine Spuren an den höchst merkwürdigen Hautwunden, die er zurückgelassen, bezeichnet hatte. Auch in diesem Falle waren die Verletzungen nur oberflächlich, die eigenthümliche Beschaffenheit derselben machte aber die Wirkungsart des Blitzes bei solchen Beschädigungen gleichsam *anschaulich*. Diese Wunden waren nämlich keinesweges blasig oder schorfig oder brandig, wie die von der Hitze oder vom glühenden Eisen verursachten, sondern die Haut schien mit der gröſsten Schnelligkeit wie im Fluge abgeschrammt oder zurückgeschoben. Sie lag an den Wundrändern in dichten Fältchen zusammengeschoben. Die einen, zwei und drei Zoll breiten Hautwunden liefen in einem Zuge, je nachdem der Blitzstrahl hier oder dort von Gegenständen angezogen zu seyn schien, in gewundenen Gängen am ganzen Körper fort. Tilesius findet in diesen Wunden das Gepräge einer Gewalt, die durch Reiben, und zwar mit einer ganz auſserordentlichen Geschwindigkeit bewirkt sey, und am meisten übereinstimmend mit den Contusions-Streifwunden von Streifschüssen, wo die schnelle Rotation der Kugel, indem sie die Haut nur berührt, dieselbe schnell aufrollt, und in Fältchen über einander schiebt oder gänzlich abschrammt. Da nun beim Blitze keine Kugel und überhaupt kein harter Körper mit im Spiele ist, so müsse man

1 In dem von Brandis beschriebenen Falle war der Geruch der Leiche des vom Blitze erschlagenen Fräuleins nach nicht vollen 24 Stunden unerträglich. a. a. O. S. 114.

2 Schweig. Journ. u. IX. 130.

annehmen, daſs der Druck der im schnellen Laufe des Blitzes mit fortgerissenen Luft auf dieselbe Art wirke, wie die mit den Rotationen einer Kugel fortgerissene, über die Haut schnell fortlaufende atmosphärische Luft. Weil zu beiden Seiten der Wunden die Haut in dichten Falten zusammengeschoben war, so findet SCHWEIGGER darin die Wirkungen der entgegengesetzten rotirenden Bewegungen beider Elektricitäten ausgedrückt. Uns scheint auch hier alles ganz offenbar von der Gewalt der nicht bloſs in fortschreitender Bewegung befindlichen, sondern durch die Repulsivkraft ihrer Theilchen nach allen Seiten wirkenden Elektricität abgehangen zu haben. Wäre hier die Luft durch ihre schnelle Bewegung im Spiele, so sieht man durchaus nicht ein, warum die Gewalt an denjenigen *Stellen so viel heftiger* war, wo die Elektricität mehr angelockt wurde und übersprang. So waren bei einem der Getroffenen da, wo er in der Westentasche verschiedene metallische Sachen bei sich trug, die Ribbenmuskeln fast eine Hand breit von der Haut entblöſst, und *eben so war in der Inguinalgegend*, wo derselbe einen Feuerstahl hatte, die Haut tief verletzt. Von entgegengesetzten rotirenden Bewegungen können wir vollends auch *nicht eine Spur in* der Beschaffenheit dieser Verletzungen finden.

Erzählungen von Beschädigungen der Menschen durch Blitze hat man eine solche Menge, daſs es unmöglich und zweckwidrig seyn würde, sie alle mitzutheilen, und wir begnügen uns, auſser den schon erzählten nur noch einige wenige ausgezeichnete Fälle zu erwähnen. Dahin gehört die seltsame Erscheinung, daſs in der Kirche zu Alfwa in Gothland durch einen Wetterstrahl mehrere Personen ungleich stark, einige bis zur Betäubung getroffen wurden, die meisten sogleich und nachher heftige Schmerzen an den Füſsen empfanden, dem Prediger aber seine eigenen Haare und die seiner Perücke verbrannten, auch die Haut an verschiedenen Stellen Streifen erhielt, er selbst aber bloſs auf einige Stunden betäubt wurde [1]. Diesem ähnlich ist der Fall des Blitzschlages, welcher die Kirche zu Sprachendorf

1 Schwed. Abh. Deut. Ueb. XV. 80.

in der Herrschaft Jägerndorf trat, ausser vielen Verwüstungen an der Lampe und an den Kirchenstühlen gegen tausend Menschen mehr oder minder betäubte und lähmte, einigen die Kleider verbrannte, ohne die Haut zu verletzen, bei anderen umgekehrt, die Goldhauben der Weiber wegriss, an verschiedenen Stellen zündete, im Ganzen aber nur fünf Personen scheintodt zur Erde warf, von denen nur ein Mädchen nicht wieder hergestellt werden konnte, dessen silberne Halskette geschmolzen war [1]. Merkwürdig ist auch der Fall, bei welchem die Kopfhaut eines vom Blitze getroffenen Mannes zerrissen, ein Theil seines Hemdes zerfetzt, Streifen in der Haut gezeichnet, ein eiserner Kamm auf dem Kopfe aber nicht beschädigt und er selbst nur etwa auf eine halbe Stunde bewusstlos niedergeworfen wurde, ohne weitere nachtheilige Folgen [2]. Einen Fall von bedeutender Verletzung und Verbrennung der Kleider ohne Tödtung, bloss mit temporärer Lähmung der Sprachorgane, erzählt auch Gronau [3]. Die leichtesten Beschädigungen sind diejenigen, wenn die Getroffenen bloss einen mehr oder minder starken, sie gleichsam niederbeugenden Druck fühlen, worüber viele interessante Beispiele vorhanden sind [4]. Allezeit aber bleibt bei den auch nur leicht getroffenen Personen für ihr ganzes Leben oder mindestens eine geraume Zeit eine grosse Reizbarkeit der Nerven, vorzügliche Empfindlichkeit gegen Elektricität und herannahende Gewitter zurück, wie rücksichtlich der Elektricität auch bei solchen Personen der Fall zu seyn pflegt, welche zufällig stärkere Flaschen durch ihren Körper entladen haben.

Auch diese Fälle beweisen unwidersprechlich, dass der Blitzstrahl im Allgemeinen auf der Oberfläche des menschlichen Körpers fortgeleitet wird, auf keine Weise inneren Theilen als besseren Leitern folgt, durch die der Elektricität eigenthümliche Kraft auf das Nervensystem, und so auch auf den Lebensprocess zerstörend wirkt, wobei sich auch das als merkwürdig zeigt, dass bei starken äusseren

1 Nationalzeitung 1803. S. 836.
2 Voigt Mag. IV. 416.
3 Schriften d. Ges. Nat. Fr. Berl. 1817.
4 Unter andern in Dresdner Miscellen 1807. St. 76.

Verletzungen zuweilen das Leben nicht gefährdet wird, und oft ohne alle äußere Verletzung der Tod ohne Möglichkeit der Wiederbelebung erfolgt. Wir dürfen indefs gewissenhaft auch ein Paar interessanter Fälle nicht verschweigen, wobei starke innere Verletzungen und ein eigentliches Eindringen des Blitzes in den inneren Körper beobachtet wurde. Hierhin gehört der furchtbare Blitzstrahl, welcher am 13ten Mai 1803 den Gutsschäfer zu Fehrbellin in der Mittelmark nebst seinem Hunde und 40 Schafen tödtete [1]. Die Schafe waren ganz unbeschädigt, den Lämmern aber die Wolle abgestreift und verschwunden, dem Schäfer waren die Kleider abgerissen, das eine Ohr einige Schritte weit fortgeschleudert, die Hirnschale an der linken Seite losgesprengt, die Haut an vielen Theilen des Körpers abgeschunden und die Knochen unleugbar zerschmettert.

Auch hierbei läfst sich alles ohne die Annahme eines Eindringens des Blitzes in den inneren Körper erklären. Dieses ist aber unmöglich bei einem allerdings seltsamen Falle, in welchem ein nahe ausgewachsener Fötus vom Blitze erschlagen wurde. Die Mutter blieb unversehrt, aufser einiger Verbrennung durch ihre entzündeten Kleider, welche man nicht schnell genug wegschaffen konnte; das Kind aber, welches einige Tage nachher völlig ausgetragen geboren wurde, hatte ein apoplectisches Ansehen, der Hirnschädel war in kleine Brocken zerschmettert, die Haut auf dem Kopfe aber ganz. Vorn am Leibe und an den Beinen war die Haut, kenntlich vom Blitze abgestreift, hinten aber unverletzt [2].

Zur Rettung der vom Blitz Getroffenen scheint das dienlichste Mittel zu seyn, dafs man die gehemmte Lebenskraft durch angemessene Reize wieder aufzuregen und ihre Thätigkeit herzustellen sucht. Im ersten Augenblicke ist zur Wiederbelebung des vom Blitze getroffenen Scheintodten die frische Luft und besonders das Besprengen mit kaltem Wasser das wirksamste Hülfsmittel. Auch kalte Umschläge auf den Kopf können von Nutzen seyn. Reiben mit flüch-

---

1 Berl. Zeitung. 1803. N. 66.

2 Neue Nord. Beiträge IV. 399. Lichtenb. Mag. II. 4. 160.

tigen Mitteln, insbesondere mit ätzendem Salmiakgeist, Klystiere von kaltem Wasser, Essig, oder einem Aufguſs von reizenden Kräutern, Einblasen der Luft und der Gebrauch der Elektricität selbst als des kräftigsten Reizmittels für die Nerven, sind nicht zu verabsäumen. Die elektrische Erschütterung ist in der Gegend des Herzens anzubringen. Dr. Fothergill [1] erzählt Fälle, wo dieses Mittel mit glücklichem Erfolge angewendet wurde, und Partington stellte einen jungen Hund, dem ein elektrischer Schlag auf den Kopf Sinne und Bewegung geraubt hatte, durch kleine Erschütterungen in der Brust wieder her. Ist der Körper schon kalt und erstarrt, so muſs man freilich gleich anfangs suchen, die Wärme wieder herzustellen. Hierzu ist, nebst dem Reiben, ein vorzügliches Mittel das Auflegen einer Blase mit sehr heiſsem Wasser auf die Gegend der Herzgrube, welches selbst die Erwärmung durch ein ganzes Bad an geschwinder Wirkung übertrifft, wie Dr. Currie [2] aus wiederholten Erfahrungen versichert. Hat der Verletzte sich soweit erholt, daſs er schlucken kann, so werden ihm auch innerlich, wie es die Wiederherstellung der Kräfte erfordert, nervenstärkende Mittel: Wein, Schwefeläthergeist oder flüchtige Salze gegeben. Die Hautverbrennungen sind gröſstentheils nur oberflächlich und mit kühlenden Mitteln zu behandeln; nur auf den eingebrannten Stellen sind Eiterungsmittel anzuwenden.

b. Wirkung auf die guten Leiter, namentlich die Metalle.

Die Metalle werden vom Blitze bei seiner Fortleitung an denselben und durch dieselben nur dann beschädigt, wenn es allzu dünne Drähte sind, welche von dem Blitze glühend gemacht, zerrissen, geschmolzen, oder nach Maſsgabe der Stärke des Strahls und der Dünnheit derselben auch in kleine Kügelchen und Dampf verwandelt werden. So versehrt der Blitz auch die Vergoldungen. Gröſsere Metallstücke werden bloſs beim Zu- und Abspringen des Blitzes an ihren Flächen an-

1 Reports of the human Society For 1783 — 1786. p. 167 u. flgd.

2 Phil. Trans. LXXXII. 206. 210.

geschmolzen oder durchlöchert. Selbst an hinlänglich breiten und dicken Metallstreifen, welche keine Veränderung erleiden, sieht man oft den Blitz als einen Funken oder Feuerball hinfahren [1]. Spitzen, welche der erste Anfall des Blitzes trifft, werden unvermeidlich angeschmolzen, und auch unten, wo sie dicker werden, oft noch krumm gebogen. Abgesonderte Metallstücke, welche im Wege des Blitzes liegen, werden vergleichungsweise stärker beschädigt, zumal wenn sie in feste Körper eingeschlossen sind, welche dem Durchgange des Blitzes und seiner Ausbreitung widerstehen. Dem Eisen theilt der Blitz durch seine Erschütterung bisweilen magnetische Kraft mit. Ich besitze selbst die Unruhe, aus der Taschenuhr eines zu Kiel in seinem Kirchenstuhle vom Blitze erschlagenen Predigers [2], welche magnetische Polarität durch diesen Schlag erhalten hatte [3]; den mit dem Magnete bestrichenen Nadeln benimmt er ihre Kraft, oder verkehrt ihre Pole. Noch giebt es zwei merkwürdige Beispiele dieser Art [4], wo der Blitz in beiden Fällen ein Schiff getroffen, bedeutende Zerstörungen angerichtet und zugleich die Pole des Compasses ganz umgekehrt hatte, so dafs die Schiffer, welche die Veränderung erst nicht erkannten, dadurch verleitet wurden, rückwärts zu steuern, indem sie glaubten, dafs der Wind sich gedreht hätte [5].

c. Wirkungen auf schlechte Leiter und auf Nicht-Leiter.

Trifft der Blitz auf seiner Bahn auf nicht leitende oder schlecht leitende Körper, so durchbricht er dieselben mit Gewalt und Zersprengen, er geht von ihnen oder durch sie auf dem möglichst kürzesten Wege zu besseren Leitern über. Kann dieser Uebergang ohne Durchbruch geschehen, so folgt er der Oberfläche solcher schlechten Lei-

---

1 S. *Blitzableiter.*

2 S. die Geschichte dieses merkwürdigen Falles in Reimarus erster Abhandlung vom Blitze 5ote Erfahrung S. 112 flgd.

3 Vgl. G. LXXII. 112.

4 Philos. Trans. X. 647 und für das Jahr 1750.

5 Vgl. Scoresby's Tagebuch einer Reise auf den Wallfischfang. Hamburg 1825. S. 74.

ter oft in einer bedeutenden Länge und Ausdehnung. Solche dem Blitze widerstehende Körper sind leinene, wollene, lederne, seidene Kleider, trockene hanfene Stricke, seidene Schnüre, trockenes Holz, Stroh, Strohdächer, Steine, Ziegel, Glas, und überhaupt alle ursprünglich elektrischen Körper. Die brennbaren Körper werden hierbei häufig entzündet, — insbesondere die Strohdächer in ihrer ganzen Ausdehnung, *oft* aber das Holz nur oberflächlich verkohlt, ja nicht selten auch blofs zersplittert. Ich selbst habe schon früher [1] einen solchen Wetterschlag beschrieben, wo der Giebelsparren, der zuerst getroffen worden war, *zersplittert*, und die Stücke desselben weit fortgeschleudert worden waren, ohne eine Spur von Anbrennen zu zeigen. Zwei ähnliche Wetterschläge haben sich späterhin ereignet. Man nennt solche nicht zündende Wetterschläge gewöhnlich kalte Schläge, kalte Streiche. Ob hierbei ein ähnliches Verhältnifs zum Grunde liegt, wie beim Schiefspulver, das nicht entzündet, *sondern nur zerstäubt* wird, wenn der Schlag einer grofsen Flasche mit einer gleichsam momentanen Explosion hindurchgeht, oder bei der Entladung derselben Flasche durch einen nassen Bindfaden, der die Elektricität gleichsam langsamer hindurchleitet, kann hier fragweise hingestellt werden. *Bisweilen* wird die entstandene Entzündung durch einen zweiten Schlag wieder ausgelöscht, so wie die Flamme, welche beim Durchgange eines schwächern elektrischen Schlages aus dem Rauche eines glimmenden Dochtes angefacht war, durch einen stärkeren Schlag wieder *ausgelöscht* wird. Die durch den Blitz erregte Flamme ist übrigens mit der gewöhnlichen Flamme einerlei, und eben so zu löschen. Wenn vom Blitze entzündete Gebäude schwer zu löschen sind, so kommt dies nicht von der Natur der Flamme, sondern von den Umständen z. B. der Zündung am Dache, dem Sturme, der Bestürzung u. s. w. her. Wenn der Blitz in Bäume schlägt, so findet man oft die Borke derselben ihrer *ganzen* Länge nach abgeschält. Dies ist vorzüglich der Fall bei Tannenbäumen, die wegen ihrer harzigen Säfte den Blitz nur unvollkommen leiten, so dafs er in seinem Fortgange noch

1 Ueber die heifsen Sommer. Kiel 1812. 8. p. 4.

Gewalt durch Platzung ausübt. Merkwürdig ist es, dafs der Blitz, wenn er in Bäume einschlägt, niemals die äufserste Spitze derselben beschädigt; vielleicht wird sie durch den Luftdruck (da der Blitz in seinem Durchgange durch die Luft dieselbe jederzeit vor sich hertreibt und zusammendrückt) auf die Seite geschoben.

d. Platzungen.

So wie der elektrische Schlag bei jeder in der Verbindung seines Ueberganges befindlichen Lücke einen explodirenden Funken veranlafst, so bewirkt auch der Blitz bei jeder unzureichenden Stelle seiner Leitung eine Explosion (Platzung) und ein Auseinanderwerfen nach allen Seiten. Dies geschieht, so oft er entweder durch einen widerstehenden Körper fahren, oder sich durch einen zu kleinen Umfang eines Leiters drängen mufs. Der erste Widerstand, welchen der Strahl zu überwinden hat, ist allemal der Zwischenraum der Luft beim Ausbruch aus der Wolke; daher die Gewalt, mit welcher er herabstürzt, und nach allen Seiten umher wirkt, von dem Eindringen des Strahles selbst zu unterscheiden ist. Ferner zeigt sich die Platzung bei jedem, auch dem geringsten Sprunge oder Uebergange von einem Körper zum andern, ja von einem Stücke desselben Metalls zum andern wie bei Ketten, bei Stangen, die in einander geschraubt sind, an den Schraubenstellen, bei Metallstreifen, auch wenn sie in einander gefalzt und stark an einander getrieben sind, an den Verbindungsstellen. Aber auch bei unzureichenden, wenn gleich zusammenhängenden, Leitern wird sie beobachtet, so dafs nicht allein die Umkleidungen abgesprengt, und nahe anliegende Körper abgestofsen oder gedrückt werden, sondern auch das Metall selbst, durch welches der Strahl dringt, wenn es ein dünner Draht ist, zerstäubt wird. Jede Platzung concentrirt gleichsam den Strahl, hält auch die Geschwindigkeit seines Fortganges ein wenig auf. Bei diesen Platzungen entsteht jedesmal Entzündung, wenn leicht entzündliche Körper vorhanden sind, Zersprengen fester widerstehender Körper, wie z. B. der Steine des Mauerwerks, die oft in grofsen Strecken auf beträchtliche Weiten fortgeschleudert werden, desgleichen An-

schmelzung von leicht schmelzbaren, besonders metallischen, Körpern. Die Richtung aller Platzungen ist von der Bahn des Strahles selbst wohl zu unterscheiden. Denn da dieser nur auf dem leichtesten Wege zu seinem Ziele d. i. zur Gegen-Elektricität fortfährt und an der Luft grofsen Widerstand findet, so äufsert sich die Platzung nicht nach der Anlockung eines leitenden Körpers, sondern nach allen Seiten hin, oder wenn die Umstände nicht gleich sind, nach der Seite, wo der wenigste Widerstand fester Körper ist. So werden die Enden von Metallstreifen, wenn der Strahl von ihnen zu unterhalb liegenden Körpern abspringt, auswärts hingebogen, die Haare, die Haut, wenn der Blitz auf den Kopf fällt, auswärts gesprengt u. s. w. Das Wasser ist ein sehr unvollkommener Leiter, und mufs schon von beträchtlichem Umfange seyn, wenn es nur den Schlag von Batterien ohne Platzung durchleiten soll.

Die Erde an sich ist ein noch schlechterer Leiter. Es ist also klar, dafs, wenn der Blitz wirklich in die Erde hineinfährt, er eine Aufsprengung des Bodens und ein Loch veranlassen müsse. Zum Glück aber pflegt er sein Ziel, wie schon oben bemerkt, an der Oberfläche der Erde zu finden, wenn er nicht durch besondere Veranlassungen hineingelockt wird. Wenn er nun soweit durch eine Strecke Metall herabgeleitet worden, so entsteht zwar nothwendig auch dort noch bei dem letzten Absprunge vom Leiter zur Erde eine Platzung, welche aber unschädlich ist, wenn der Blitz nur freien Raum zur Ausbreitung findet.

Beispiele von solcherlei Wirkungen des Blitzes, namentlich auch von einer unglaublichen mechanischen Gewalt desselben, giebt es in Menge. Als sonderbare Erscheinungen können erwähnt werden, dafs der Blitz 1816 in Prag das Gold von einem vergoldeten Uhrzeiger auf das weiter unten befindliche Blei des Daches herabführte, und dieses vergoldete[1], desgleichen dafs er in einem Hause in Paris alle Glokkenzüge schmolz, ohne anderweitige Beschädigung, aber auf einer Mauer von dem geschmolzenen Metalle eine Zeichnung bildete, welche vollkommen einen brennenden Vulcan vor-

1 G. LVIII. 102.

stellte, und der Seltsamkeit wegen durch einen Kupferstich dargestellt ist[1]. Zwei, wohl noch schönere Zeichnungen hat der Blitz in Schweinsberg in Hessen entworfen, indem er auf einem v. Schenk'schen Gute in ein Gartenhaus einschlug, den Spiegel zertrümmerte, und das Amalgama desselben auf zwei Bogen des Papiers herabführte, wovon eine Lage auf einem in der Nähe des Spiegels stehenden Tische lag[2]. Die stärkste bekannte mechanische Wirkung aber zeigte der Wetterstrahl in einem Hause unweit Manchester, indem er am 6. Aug. 1809 eine Mauer zwischen einem Keller und einer Cisterne, 3 engl. F. dick, 12 F. hoch, so verschob, daſs der weggeschobene Theil an einer Seite 4 F. an der andern 9 F. abstand, wobei die hölzernen Verbindungsstücke zerbrochen waren. Der bewegte Theil enthielt 7000 Backsteine und wog 52000 Pfd.[3].

e. Einige besondere Erscheinungen beim Blitze.

Unter allen angeführten Erscheinungen und Wirkungen des Blitzes ist keine einzige, welche nicht mit den Phänomenen der Elektricität, wie sie sich in unsern Versuchen darstellt, übereinstimmte. Nur der Grad der Stärke macht den einzigen Unterschied aus, und wie weit wir uns auch darin in unsern künstlichen Versuchen dem Blitze genähert haben, ist schon unter dem Artikel: *elektrische Batterie* angedeutet worden. Und dadurch, daſs die aus den Wolken herabgeleitete und durch Isolirung angehäufte Materie des Blitzes wiederum alle Erscheinungen der Elektricität zeigt[4], wird die Ueberzeugung von der Gleichheit beider ganz vollendet. Nur eine Erscheinung kommt beim Blitze vor, die wir wenigstens bis jetzt in unsern gewöhnlichen Versuchen nicht bemerken konnten, nämlich der Schieſspulver- oder Schwefelgeruch,

---

1 J. de P. LXIX. 453.

2 Aus Mittheilung von Muncke, welcher diese Zeichnungen selbst sah. Sie füllten die eine Seite der Bogen fast gänzlich aus, und glichen vollkommen den Figuren, welche man vermittelst starker Flaschenschläge aus dünnen Metallblättchen auf Papiere zu erzeugen pflegt.

3 Mem. of the Phil. Soc. of Manchester II. 2.

4 S. *Drache, elektrischer, Elektricitätszeiger.*

den man fast constant nach Wetterschlägen spürt. Es ist nicht wohl anzunehmen, dafs dieser Geruch aus den getroffenen Körpern selbst entwickelt werde, da er sich auch bei grofser Verschiedenheit dieser letztern zeigt, und in der Luft selbst, soviel wir bis jetzt die Mischung derselben kennen, nichts eigentlich schwefelartiges enthalten ist.

Zur vollständigen und gründlichen Beurtheilung der Sache wäre indefs vor allen Dingen erforderlich, die Thatsache vollständig und genau auszumitteln, in diesem Falle also bestimmt auszumachen, von welcher eigenthümlichen Beschaffenheit dann der Geruch wirklich sey. In Rücksicht hierauf läfst sich nicht leugnen, dafs er *ganz allgemein* als schwefelartig angegeben werde. Allein bei weitem die meisten Beobachter dieser Erscheinung sind ungebildete Personen, bei welchen das alte Vorurtheil herrscht, dafs alle solche ungewöhnliche meteorologische Erscheinungen von schweflichen Dünsten erzeugt werden, und welche daher in irgend einem ungewöhnlichen Geruche nichts anders als Schwefeldampf wiederfinden, indem es ihnen oft noch obendrein an der Kenntnifs des erforderlichen Wortes fehlt, um den brenzlichen, oder den der Elektricität eigenthümlichen Geruch zu bezeichnen, worin so viele etwas Phosphorartiges finden wollen. Beobachtungen hierüber von eigentlichen Physikern gehören unter die grofsen *Seltenheiten*. Raschig, welcher einen Blitz in seiner Nähe einschlagen sah, erwähnt nichts hierüber[1]; dagegen sagt Jungnitz[2], welcher einen Blitz in das Collegiengebäude einschlagen und sich weit verbreiten sah: „*es verbreitete sich ein dampfartiger Qualm und ein brandartiger Geruch wie von Holzbränden, wenn z. B. Holz auf Holz gerieben verkohlt wird. Derselbe Geruch war durch das ganze Collegiumsgebäude merklich; von einem Schwefelgeruch war aber keine Spur wahrnehmbar.*" Ein solcher brenzlicher Geruch, welchen Spielcharten und Holz, durch den Batteriefunken zerschlagen, allezeit annehmen, wäre nur zu leicht erklärlich, und ist wahrscheinlicher anzunehmen, als der

1 G. XXXI. 204.

2 Verhandl. d. Ges. zur Beförd. d. Naturk. u. Industrie Schlesiens 1806. Bd. 1 Hft. 1.

bekannte, welchen die Elektricität zu erzeugen pflegt, und welchen man, wenn er auch dem Blitze angehörte, auch bei starken Gewittern wahrnehmen müfste. Den eigenthümlich brenzlichen, durch elektrische Zerreifsung des Holzes u. s. w. erzeugten, könnte man der Stärke der Zerstörung solcher Substanzen proportional setzen, und hieraus liefse sich erklären, dafs er oft sehr auffallend wahrgenommen wird, wo diese Wirkungen ausgezeichnet sind, dagegen in einem merkwürdigen Falle *nur* unbedeutend war, als ein starker Blitz in Gestalt einer Feuerkugel *mitten* zwischen eine Tischgesellschaft von acht Personen herabfuhr, *mit einem hellen* Knalle zerplatzte, alle gleichsam niederdrückte, und nur einen *unmerklichen Schwefelgeruch* (?) zurückliefs[1]. Merkwürdig ist in diesem angegebenen Falle noch, dafs die gebildetern der Tischgesellschaft *nur* diesen *unmerklichen* Schwefelgeruch, das Gesinde des Gutes aber einen *starken Schwefelgeruch* wahrgenommen haben wollen. Vor dem Versuche einer genügenden Erklärung mufs also zuerst die eigentliche Beschaffenheit dieses Geruches völlig aufgefunden seyn, und es ist deswegen wichtig, dieses seltsame Phänomen in vorkommenden Fällen vorzugsweise zu beachten.

VI. Sicherung gegen den Blitz.

Durch die aus der hier vorgetragenen Theorie des Blitzes hergeleiteten Mittel, Gebäude, Schiffe u. s. w. vor dem Blitze zu schützen, hat sich Franklin ein grofses Verdienst um die Menschheit, und einen unsterblichen Ruhm erworben. Vorläufig können indefs hier nur einige Vorschläge zur Sicherstellung einzelner Personen gegen den Blitz eine schickliche Stelle finden.

In einem Gebäude, das mit keinem Blitzableiter versehen ist, hat man im Allgemeinen in den Zimmern, wenn man sich in 3 bis 6 F. Entfernung von den Fenstern und Schornsteinen hält, nichts zu befürchten. Will man mehr thun, so vermeide man die Plätze, wo sich abgesondertes, d. i. mit Holz, Stein, Glas umringtes Metall befindet, daher die Wände, Winkel, Pfosten, Schornsteine, Oefen, Feuer-

---

1 Dresdner Miscellen 1807. St. 76.

heerde, vergoldete Rahmen, eiserne *Gitter*, Spiegel u. s. w. und begebe sich in die Mitte geräumiger und hoher Zimmer auf den besten Nichtleiter, der zur Hand ist, z. B. auf einen alten recht trockenen Stuhl, den man nach FRANKLIN auf zwei doppelt über einander gelegte Matrazen oder Betten stellen kann. Am besten thut man, wenn man zwei solche Stühle oder ein Kanape in die Mitte des Zimmers stellt, und sich in horizontaler Stellung darauf legt[1]. Auf den blofsen Fufsboden sich zu legen ist darum zu widerrathen, weil es da Stellen geben könnte, wohin der Blitz durch eiserne Stangen, Klammern und d. g. gelockt würde. Vorzüglich aber vermeide man den Platz unter Kronleuchtern, welche an metallenen Stangen oder Ketten aufgehangen sind. Das wenige Metall, was man bei sich hat, wird die Gefahr nicht vergröfsern. Im untern Theile des Gebäudes ist man sicherer als im obern. In die Keller dringt der Blitz selten, aber der Aufenthalt in demselben wäre bei einem entstehenden Brande wegen der Erstickung gefährlich. Eine Gypsdecke verschafft für die Menschen in der Mitte des Zimmers mehr Sicherheit, weil der Eisendraht in derselben den Blitz zu den Wänden hinleitet. Zugluft, namentlich trockne, bringt durchaus keine Gefahr, und es ist daher eine übertriebene, oft höchst unangenehme Aengstlichkeit, bei herannahenden Gewittern die heifsen, mit Menschen erfüllten Zimmer fest verschlossen zu halten; auch hat man kein Beispiel, dafs ein Mensch im Bette erschlagen sey, obgleich das Aufstehen bei heftigen Gewittern aus Rücksichten auf etwanige Feuersgefahr räthlich seyn kann. Auf der Gasse suche man nicht Schutz unter Thüren und Thorwegen oder nahe an Wänden und Gebäuden, sondern gehe entweder in ein Haus, oder bleibe in einer mäfsig breiten Gasse mitten zwischen den Häusern. Gefährlich ist es ferner, neben einer Stelle zu stehen, wo eine vom Dache hervorragende Rinne das Wasser ausgiefst.

Auf dem Felde bleibe man nicht ganz im Freien, wo keine andere hervorragende Gegenstände befindlich sind, stelle sich aber auch nicht unter einen Baum, Heuhaufen,

1 Vergl. Raschig bei G. XXXI. 205.

Hecke, Korngarben u. dgl. Die beste Stellung würde seyn, in *einige* Entfernung von *einem* oder mehreren Bäumen so zu treten, dafs man 15—20 Fufs sowohl von den *Stämmen* als von den entferntesten *Zweigen* derselben entfernt bliebe. Ist kein Baum in der Nähe, *so mufs* man sich doch von Teichen und anderem Wasser *entfernen*, wozu der Strahl einen Uebergang durch den *menschlichen Körper* suchen möchte, und sich wo möglich, lieber *niederlegen*, als stehen oder sitzen. Zu Pferde und auf einem *offenen Fuhrwerk* befindet man sich wegen des höhern Hervorragens *allerdings in* einiger Gefahr, obgleich in der Regel nur die Pferde *getroffen* werden. In einer Kutsche scheint die Sicherheit gröfser zu seyn, zumal wenn man sich so viel möglich in der Mitte hält, und nicht viel Metall in der Kutsche ist.

Auf den Schiffen, die keinen Blitzableiter haben, wäre der gefährlichste Aufenthalt bei den Masten, und zwischen diesen und dem am Bord befindlichen Metalle; der sicherste hingegen unter der Wasserfläche, weil der Blitz sich stets auf dieser verbreitet und nicht in das Innere eindringt. Das Läuten der Glocken wird jetzt allgemein für ein fruchtloses Mittel zur Vertreibung der Gewitter erkannt; man kann aber eben *so wenig* behaupten, dafs es den Blitz herbeilocke. *Inzwischen vermehrt* es die Furcht bei abergläubischen oder nervenschwachen *Personen*, und ist den Läutenden gefährlich, da die Glocke mit dem *hanfenen* Stricke, wenn Menschen Letztere mit der Erde *verbinden*, eine gute Leitung abgiebt, und den Blitz, der sonst vielleicht an der Mauer herabgefahren wäre, auf die Glocke *hinlocken* kann[1]. Vom Abfeuern des Geschützes will man *aus militairischen* Erfahrungen versichern, dafs es die Gewitterwolken zertheile. Die nicht geringe Ortsbewegung einer *grofsen* Luftmasse durch die Ausbreitung der Gasarten, die *sich* beim Entzünden des *Schiefspulvers* in Menge entwickeln, könnte besonders beim Abfeuern ganzer Batterien allerdings auf die Zertheilung der Wolken Einflufs haben. *Grofse* auf Bergen ange-

---

1 C. G. von Zenorn über das Läuten beim Gewitter, besonders in Hinsicht der deshalb zu treffenden Polizeiverfügungen. Giefsen 1791. 8.

zündete Feuer sind nach den schönen Erfahrungen Volta's[1] eines der kräftigsten Mittel, Donner und Hagel abzuhalten. Vielleicht waren die im Alterthume gewöhnlichen Opfer auf den Höhen zu dieser Absicht veranstaltet[2]. *P.*

Blitzableiter.

Wetterableiter, Wetterstange; *Pertica Fulmini avertendo;* Paratonnerre; *Conductor.* Eine Vorrichtung, durch welche der ausbrechende Blitz aufgefangen, und auf einem bestimmten Wege ohne Schaden der Gebäude, Schiffe, Menschen u. s. w. zur Erde geleitet wird. Diese für das Wohl der Menschen höchst wichtige Erfindung gehört unstreitig dem Dr. Franklin zu, der seine Entdeckung der Gleichheit des Blitzes und der Elektricität sogleich auf Beschützung der Gebäude gegen die Donnerwetter anwendete, dabei aber vorzüglich von der wunderbaren Kraft der Spitzen, die elektrische Materie unmerklich abzuleiten, ausging, und darauf seine Vorschläge gründete. Schon in einem im Jahre 1749 geschriebenen Briefe[3], wo er von dieser Kraft der Spitzen, den elektrisirten Körpern ihre Elektricität allmählig und ohne Funken zu entziehen, handelt, setzt

---

1 Meteorologische Briefe aus dem Ital. übersetzt. Leipzig 1793. 8. 5ter Brief. Vergl. *Gewitter.*

2 Mehrere mit diesem Artikel in Verbindung stehende Umstände findet man bei den Worten: Blitzableiter, Blitzröhren, Donner, Elektricität, Gewitter, Spitzen, Wetterleuchten, Wetterlicht. Zur Literatur dient unter andern: Priestley Geschichte der Elektricität durch Krünitz, Berlin und Stettin 1772. 4° S. 110 flgd. S. 206 u. flgd. Alb. Heinr. Reimarus vom Blitze u. s. w. Hamburg 1778. 8°. Dessen neuere Bemerkungen vom Blitze, dessen Bahn, Wirkung, sichere und bequeme Ableitung. Hamburg 1794. 8° Guden von der Sicherheit wider die Donnerstrahlen. Göttingen und Gotha 1774. 8. Tetens über die beste Sicherung seiner Person bei einem Gewitter. Bützow und Wismar 1774. 8° Verhaltungsregeln bei nahen Donnerwettern (von L. Ch. Lichtenberg) dritte Auflage 1778. 8°. J. K. Gütle allgemeine Sicherheitsregeln für Jedermann bei Gewittern. Nürnb. 1805. J. Jac. Hemmer der Rathgeber, wie man sich vor Gewittern in unbewaffneten Gebäuden verwahren soll. Mannheim 1809. 8°. G. J. Singer Elemente der Elektricität und Elektrochemie. Aus dem Engl. übersetzt von C. H. Müller. Breslau 1819. 8° IIIter Theil. Naturwirkungen der Elektricität.

3 S. seine Briefe über die Elektricität, übers. von Winkler S. 87 flgd.

er hinzu, man werde davon einen sehr nützlichen Gebrauch zur Beschützung der Gebäude machen können. In einem andern im September 1753 geschriebenen Briefe erklärt sich FRANKLIN[1] hierüber noch ausführlicher. Er behauptet mit Recht, der Blitz nehme seinen Weg jederzeit durch alle leitende Körper, die er finden könne. Er explodire nur dann, wenn die leitenden Körper die Materie geschwinder empfangen, als sie sie wieder abgeben können, d. i. wenn sie getheilt, getrennt, zu klein oder zu schlechte Leiter sind. Daher würden ununterbrochene Metallstangen von zureichender Dicke entweder die Explosion ganz verhüten, oder wenn sie zwischen der Spitze selbst und den Wolken entstanden wäre, wenigstens, so weit die Stange reichte, fortleiten. Er glaubt, dafs Stangen von einem Viertelzoll Durchmesser dazu hinreichend seyn würden. Er bemerkt ferner, dafs Flocken Baumwolle, an den Hauptleiter einer Elektrisirmaschine gehangen, durchs Elektrisiren anschwellen, und sich ausbreiten, auch vom Tische angezogen, durch Annäherung einer spitzigen Nadel aber gegen einander selbst und gegen den Hauptleiter zurückgetrieben werden. Dr. FRANKLIN's Landsleute säumten nicht lange, seine Anweisungen wirklich auszuführen, wozu sie um desto mehr Veranlassung hatten, da in verschiedenen Theilen von Nordamerika die Gewitter weit häufiger und schrecklicher als bei uns sind. In Deutschland hat WINKLER[2] die ersten Vorschläge dieser Art gethan. Er rieth, auf dem Gipfel des Gebäudes eine isolirte Stange zu setzen, und an diese eine lange Kette oder einen drei Linien dicken Draht zu hängen, welcher weit vom Gebäude hinweg durch die freie Luft gezogen und endlich an einen Pflock in der Erde befestigt würde. Die erste in Deutschland ausgeführte Ableitungsmaschine ist wohl die des PROCOPIUS DIVISCH in Mähren[3], welcher bereits im Jahre 1754 eine Blitzableitung errichtete und zu Prendiz bei Znaym am 9. und 10. Juli desselben Jahrs Wetterwolken, die darüber hinzogen, sich zertheilen sah. Die

1 S. seine Briefe über die Elektricität übers. von Winkler. S. 165 u. f.
2 Progr. de avertendi Fulminis artificio Lips. 1753. 4.
3 Musschenbroek Introd. To. II. §. 2543.

Einrichtung der Vorrichtung ist nicht genau bekannt, es wird aber von weifsen Strahlen geredet, welche sich von der Wolke nach ihr erstreckt hätten; sie scheint daher zugespitzte Stangen gehabt zu haben, auch tragbar gewesen zu seyn. Vorurtheil und Furcht aber haben bei uns den Gebrauch und Fortgang dieser Erfindung weit länger als bei den Ausländern verhindert. In England ist der erste Ableiter im Jahre 1762 zu Payneshill von Dr. Watson und in Hamburg 1769 einer am Jakobithurme errichtet worden. In Baiern war der Geheime Rath und Akademiker von Osterwald der erste, welcher im Sommer des Jahres 1776 sein Landhaus zuerst mit einem Ableiter bewaffnete[1]. In Italien trug besonders ein merkwürdiger Vorfall zu Siena im Toskanischen zur Verherrlichung dieser Erfindung und ihrer Einführung in diesem Lande bei. Die hohe Cathedralkirche daselbst war von den häufig auf einander folgenden Gewittern mehrmals durch Wetterschläge beschädigt worden. Müde der ewigen Reparaturen beschlofs man also, dieselbe mit einem Blitzableiter zu versehen. Das Volk murrte wohl, und nannte denselben eine Ketzerstange, er kam aber doch zu Stande. Am 10. April 1777 kam ein sehr schweres Donnerwetter. Der Blitz schlug ein, und zwar mit folgendem merkwürdigen Umstande. Zwischen dem Thurme und der Metallleitung, an welcher der Blitz herunterlaufen mufste, hatte eine Kreuzspinne ihr Gewebe, nicht einmal dieses ward verletzt, worauf man dann die Ketzerstange zu respectiren anfing[2].

Die Franklinische Theorie der Blitzableitung gründet sich auf zwei Sätze, wovon der erste sowohl durch die elektrischen Versuche als durch die Erfahrungen von Wetterschlägen aufser allen Zweifel gesetzt, der zweite dagegen nicht auf ein gleich sicheres Fundament gebaut ist, und sich daher auch nicht so behaupten konnte, wie Franklin voraus-

1 Dr. Franz Xaver Epp, Abhandlung von dem Magnetismus der natürlichen Elektricität. München bei Fritz 1777. 8. in der Vorrede S. 3 und 4 vgl. von Yelin über den am 30. April 1822 erfolgten merkwürdigen Blitzschlag. 2te Aufl. Vorr. S. VIII. und IX.

2 Journal des Savans 1778. Fevrier und Götting. Taschenbuch Jahrgang 1779. p. 37.

gesetzt hatte. Der *erste dieser Sätze* ist: Eine ununterbrochene metallische Leitung von genugsamer Dicke führt den Blitz oder die elektrische Materie ohne Beschädigung anderer Körper bis an ihr Ende herab. Das Herabfahren des Blitzes an Drähten und anderm Eisenwerk war längst vor Franklin bemerkt worden. Reimarus führt aus den Breslauer Sammlungen[1] eine Beobachtung des Dr. Reimann zu Epperies in Ungarn vom 17. Juli 1717 an, wobei bemerkt wird, daſs der Blitz an verschiedenen Drähten herab dem Eisen nach gefahren sey, und nur beim Uebergange aus einem Drahte in den andern die dazwischen liegenden Steine zerschmettert habe. Der Urheber dieser Beobachtung vermuthet hieraus eine sonderbare Sympathie des Blitzes mit dem Eisen, weil im Jahre 1673 der Blitz ebendaselbst an dem eisernen Drahte, welcher damals länger gewesen, ohne daſs ihm der Stein entgegengestanden, bis zu unterst herabgefahren sey[2]. Bei diesem Herabfahren des Blitzes bleibt selbst das Metall, wenn es von genugsamen Umfange ist, unbeschädigt; nur da wirkt der Wetterstrahl gewaltsam, wo er entweder den ersten Anfall äuſsert, oder wo er einen allzu dünnen Draht glühend macht, zerreiſst, und dadurch benachbarte Körper entzündet, oder endlich, wo er von einem Metalle zum andern durch Nichtleiter oder schlechte Leiter, als Luft, Steine, trockenes Holz u. dgl. mit Widerstand überspringen, oder durchbrechen muſs. Auch verläſst der Blitz eine Strecke Metall (selbst in dem Falle, wenn er es zerstört) nicht, wenn sie ihn gleich durch Umwege führt, er müſste denn eine andere weiter hinunterführende Strecke von Metall antreffen, und zu derselben durch wenige dazwischen liegende Körper durchdringen können. Das Ziel, das er zu erreichen sucht, ist jederzeit die feuchte Erde, oder das Wasser, auf welchem er sich frei ausbreiten kann[3]. Demnach wird ein Wetterstrahl ein Gebäude nicht beschädigen, wenn er an demselben eine ununterbrochene und hinlängliche metallische Leitung von dem Orte seines Anfalls an bis in die feuchte Erde oder in ein flieſsendes Wasser antrifft.

---

1 I. Vers. p. 64.

2 Vgl. *Donnerhaus.*

3 S. *Blitz.*

Diesen Grundsätzen gemäſs würde ein Gebäude geschützt seyn, wenn eine metallische Verbindung 1. dem ersten Anfalle des Blitzes ausgesetzt d. i. über alle Theile des Gebäudes hervorragend; 2. ununterbrochen d. i. mit möglichst genauer Berührung aller ihrer Theile fortgeführt und 3. in ein frei abflieſsendes Wasser geendet oder in feuchtes Erdreich versenkt wäre. Hierdurch und ohne Anwendung mehrerer Grundsätze würde der Wetterschlag zwar nicht vermieden, aber doch, was die Hauptabsicht ist, die Beschädigung verhütet seyn. Man könnte einen Blitz-Ableiter dieser Art einen *defensiven* nennen, weil er den Schlag erwartet, um ihn auf einem vorgezeichneten unschädlichen Wege zu leiten. Franklins Vorschläge gingen aber noch weiter, und erstreckten *sich sogar* bis auf Entkräftung der Wetterwolke und Abwendung des Schlags selbst. Hierzu wendete er *den zweiten Satz* an: daſs metallische Spitzen das Vermögen besitzen, die Elektricität *allmälig ohne* Funken und Schlag abzuleiten; ein Satz, der zunächst nur durch elektrische Versuche im Kleinen bewiesen war. Er gründete darauf seinen Rath, den obern Theil der metallischen Verbindung aus einer zugespitzten Stange bestehen zu lassen. Eine solche sollte die Wolke gleichsam selbst angreifen, den nächsten Theilen derselben ihre Elektricität gleichsam in der Stille entziehen, und in den meisten Fällen *es gar nicht zum* Schlage kommen lassen. Ein solcher Blitzableiter könnte ein *offensiver* genannt werden. Wenn aber, diese seine Kraft auch nicht zugestanden, ein Wetterschlag auf ihn fiele, so würde er immer noch alle Dienste des defensiven leisten.

Die *offensiven* oder *zugespitzten* Blitzableiter haben an Wilson[1] einen heftigen Gegner gefunden. Er setzt ihnen entgegen, daſs sie den Blitz herbeilockten, und nimmt zum Grundsatze an, man müsse ein so gefährliches Element, als die elektrische Materie ist, nicht einladen, *sondern* vielmehr durch geschickte Leiter abführen, welche die herbeikommende Quantität desselben *so* wenig als möglich vermehrten. Er thut daher den Vorschlag, über die Gebäude

1 Phil. Trans. LIV. p. 249 flgd. Vergl. Observ. upon lightning. Lond. 1773. 4.

nicht das geringste Metall hervorragen zu lassen, sondern inwendig, einen oder zwei Fufs vom Giebel eine stumpfgeendete, oder mit einer Kugel versehene, Stange von Metall längs der Mauer bis in den feuchten Erdboden hinabzuführen. Schon BECCARIA erklärte sich sehr lebhaft gegen diese Meinung, führte an, kein Metall ziehe mehr elektrische Materie an, als es zu leiten vermöge, und rieth, man solle bei einem grofsen Gebäude sogar mehrere zugespitzte Ableiter an verschiedenen Ecken anbringen. Dieser schon fast vergessene Streit wurde im Jahre 1777 aufs neue rege, als der Blitz am 15. Mai in das mit einer spitzigen Ableitung versehene Artilleriehaus bei den Pulvermagazinen in Purfleet schlug. Dieses Haus liegt auf einer Anhöhe, die den Gipfeln der Magazine beinahe gleich stehet; sein spitziges Dach ist an den Ecken mit Blei bedeckt, bis an die Rinnen, von welchen bleierne Röhren bis in das Wasser der 40 Fufs tiefen Brunnen herabreichen. Auf der bleiernen Bedeckung des Dachrückens hatte man eine 10 Fufs 2 Zoll lange und 1,5 Zoll dicke eiserne Stange errichtet. Der Wetterstrahl fiel auf eine eiserne Klammer der Ringmauer 46 Fufs weit von der Stange, nahe an der nordöstlichen Ecke des Hauses, da der Zug der Wolke von Südwest gen Nordost gegangen seyn soll; von dieser Klammer drang er durch die Steine 7 Zoll weit in eine mit der Ableitung verbundene Bleiplatte, und ward so zur Erde fortgeführt, ohne aufser der Zerschmetterung einiger Steine und Anschmelzung des Bleies einigen Schaden zu thun [1]. Dieser Vorfall, der nichts weiter beweiset, als dafs der Blitz bei seinem Ausbruche das nähere Metall eher, als die entferntere Auffangungsstange ergreife, dafs also ein grofses Gebäude mehrere solcher Stangen bedürfe, ward dazu benutzt, die spitzigen Ableiter einer Anlockung des Blitzes auf die benachbarten Stellen verdächtig zu machen. WILSON stellte hierüber Versuche im Pantheon an, welche unter die kostbarsten und prächtigsten gehören, die man je mit dem elektrischen Apparate gemacht hat. Er hatte gleichsam das ganze Gebäude mit einem metallenen Donnerwetter angefüllt, das in ein kleines Modell des Hau-

1 Phil. Trans. LXVII. 232.

ses zu Purfleet schlagen mufste. Wenn dieses Modell, mit einer spitzigen Ableitung versehen, dem geladenen Apparat plötzlich genähert ward, so erhielt die Spitze in der Entfernung von 5 Zoll einen Schlag, wodurch der Apparat fast gänzlich entladen ward; setzte man aber eine Kugel auf die Spitze, so erhielt das Modell keinen Schlag. Er suchte nun durch fernere Versuche zu erweisen, dafs der Schlag zu Purfleet zuerst in die Spitze der Ableitung gegangen sey, und die Klammer durch eine Seitenexplosion getroffen habe, dafs bei zwei stillstehenden Wolken, welche gegen einander schlagen, die Phänomene eben dieselben seyen, wie bei einer einzigen bewegten Wolke, dafs die Spitzen in solchen Fällen in weit gröfseren Entfernungen vom Schlage getroffen werden, als die Kugeln, dafs also die Spitzen eine einzige und stillstehende Wolke stillschweigend entladen, aber bei bewegten oder gegen einander schlagenden Wolken dem Schlage mehr als stumpfgeendete Ableiter ausgesetzt sind[1]. Diese Versuche bewogen den König, welcher dabei gegenwärtig war, die spitzigen Ableiter auf dem Pallaste im Park zu St. James mit Kugeln zu versehen und bis unter die Schornsteine erniedrigen zu lassen.

Edward Nairne[2] hat dagegen eine andere Reihe von Versuchen aufgestellt, die, soviel Genauigkeit und Umsicht des ächt philosophischen Naturforschers sie auch gewähren, doch nicht geeignet waren, den Streit zur definitiven Entscheidung zu bringen, da der Schlufs von Versuchen nach einem so kleinen Mafsstabe mit Conductoren von einigen Quadratschuhen Oberfläche, welche Wolken vertreten sollten, auf das Verhalten der Gewitterwolken selbst auf keine Weise bündig ist. Durch diese Versuche fand er, dafs seine Scheinwolken unbewegt auf zugespitzte Stangen gar nicht, auf stumpfe in desto gröfserer Weite schlagen, je stumpfer das Ende der Stangen ist, dafs spitzige Stangen hierbei desto mehr schützen, je weiter sie hervorragen, auch die Elektricität auf eine viel gröfsere Weite stillschweigend

1 Phil. Trans. LXVII. 239. flgd.

2 Phil. Trans. LXVIII. 303 flgd. übers. in Leipz. Samml. zur Physik und Naturgsch. II. St. 4. p. 458. flgd.

ausziehen, als stumpfe. Ein abgestumpftes Metall, oder eine Kugel von 1 Zoll Durchmesser erhielt Funken bis auf zwei Zoll Distanz. In Distanzen von 2 — 10 Zoll brach kein Funken aus. In Distanzen von 10 — 16 Zoll entstanden wieder Funken. Dieses Aufsenbleiben der Funken und ihr Wiederkommen in einer gröfsern Distanz hat schon Gross bemerkt[1]. Sollte die Anwendung hiervon auf das Verhalten der Gewitterwolken selbst gelten, so würden daraus folgen, dafs Kugeln und kegelförmige Dächer aus sehr grofsen Entfernungen können getroffen werden. Bewegliche (Schein-) Wolken wurden in jenen Versuchen von zugespitzten Stangen gar nicht angezogen, Kugeln hingegen zogen dieselben gegen sich, entluden sie durch einen Schlag, und machten sie dadurch fähig, von der Hauptwolke auf's neue angezogen zu werden, neue Funken zu erhalten und der Kugel wieder zu geben. Stillstehende Wolken aber gaben Schläge, die sie von andern erhielten, auch den Spitzen wieder. Die Spitzen erhielten auch Schläge, wenn sie schnell bewegt wurden, oder was eben soviel ist, als wenn die Wolke sich schnell bewegt hätte, aber gleich schnell bewegte Kugeln erhielten diese Schläge in einem noch gröfseren Abstande, je gröfser ihr Durchmesser, d. i. je stumpfer sie waren.

Nairne bewies übrigens deutlich, dafs bei dem Vorgange zu Purfleet der Blitz nicht durch die Spitze des Ableiters, sondern durch die Klammer an der Ecke des Hauses eingedrungen sey, und sich daraus nichts weiter schliefsen lasse, als dafs der Ableiter unter den damaligen Umständen seinen Schutz gegen den Wetterschlag nicht völlig 46 Fufs weit verbreitet habe. Dr. Ingenhouss[2] behauptet, dafs eine Wetterstange mit der Kugel, besonders wenn sie weit hervorragt, das Gebäude einem Schlage mehr aussetze, als wenn sich gar keine Wetterstange darauf befände, eine zugespitzte hingegen den Blitz oft ganz abwende, der das Gebäude ohne Wetterstange unvermeidlich würde getroffen haben. Er führt hierüber das Beispiel des Kirchthurms auf

---

1 S. *Pausen*, *elektrische*.

2 Vermischte Schriften. Zweite Aufl. Wien 1784 I. 124.

dem Lusciariberge in Kärnthen an, der mehreremale von Wetterschlägen zernichtet, und alle Jahre 5 bis 6 mal getroffen ward, aber seit 1780 mit einem spitzigen Ableiter versehen, in drei Jahren nur zweimal ohne alle Beschädigung getroffen worden ist. Nur bei einem Hause auf einem erhabenen, sehr trockenen Grunde, um welches keine Quelle oder kein feuchter Grund in der Nähe anzutreffen, das also an sich den Wetterschlägen wenig ausgesetzt sey, könne durch eine spitzige Wetterstange dem Blitze ein vorher verschlossener Weg eröffnet werden; inzwischen da man von der natürlichen Sicherheit der Lage nie völlig überzeugt sey, gewinne man durch den Ableiter immer die Gewifsheit der Bewahrung vor Unglück. Uebrigens hat an dem in England hierüber geführten Streite die Partheisucht viel Antheil gehabt, die Commissarien der Societät in London entschieden ganz zum Vortheile der zugespitzten Ableiter, riethen für das Gebäude in Purfleet blofs eine bessere Verbindung hin und wieder befindlichen Metalls und der Ableitung an, und überzeugten die Societät so vollkommen von der Wahrheit ihrer Entscheidung, dafs sie es abgelehnt hat, Wilsons Schriften wider dieselben weiter anzunehmen [1].

Wie sehr auch alle Physiker in Ansehung der Hauptbedingungen, auf welchen die Sicherstellung von Gebänden durch einen Wetterableiter beruht, und in der Ableitung dieser Bedingungen aus den Grundsätzen der Elektricitätslehre mit einander nunmehr übereinstimmen, so finden doch über die zweckmäfsigste Realisirung dieser Bedingungen und die den Blitzableitern zu gebende besondere Einrichtung noch erhebliche Abweichungen von einander statt, besonders was die tauglichste Form für das die unschädliche Leitung gewährende Metall betrifft, und zwar lassen sich die verschiedenen Einrichtungen unter drei Classen bringen, nämlich 1. *die Blitzableiter aus Metallstreifen*, 2. *die Ableiter aus geflochtenem Metalldrahte* und 3. *die Ableiter aus eisernen Stangen*. Indem wir diese verschiedenen Vorrichtungen genau beschreiben, werden wir zugleich Gelegenheit haben, mit Rücksicht auf die grofse Masse von

1 Journal des Savans, Avril 1782 p. 575.

neuen Erfahrungen über Wetterschläge das Für und Wider unpartheiisch aufzustellen, und das Urtheil des Lesers über die bestmögliche Einrichtung zu fixiren.

I. Wetterableiter aus Streifen von Metall.

Reimarus hat die erste jener drei Arten vorzugsweise empfohlen, und sich in der speciellen Anweisung zu ihrer Einrichtung besonders an das gehalten, was die Erfahrung über Wetterschläge unmittelbar gelehrt hat. Nach den drei Haupttheilen, die an jedem Ableiter zu unterscheiden sind, der *obersten* Stelle, wo der Ableiter dem unmittelbaren Anfalle des Blitzes ausgesetzt ist, dem *mittleren* Theile und dem *Ende* desselben, wollen wir die von ihm vorgeschlagene und nach seinen Vorschlägen häufig ausgeführte Einrichtung näher prüfen.

a. Auffangung des Blitzes. Stumpfe und zugespitzte Auffangstangen. Entbehrlichkeit derselben in den meisten Fällen. Gefahr von zugespitzten Auffangstangen.

Die Erfahrung hat gelehrt, dafs der Blitzstrahl, wenn er in Gebäude einschlägt, stets die hervorragenden Kanten, Ecken und Spitzen, die an den höchsten Stellen desselben liegen, trifft; hier concentrirt sich die Entgegenwirkung der Erde durch ihre negative Elektricität, also die Anziehung zur positiven wie in einem Puncte, und mufs deshalb auch den Ausbruch des Blitzes auf eine solche Stelle bestimmen. Reimarus schreibt daher vor, über die ganze First des Daches von einem Ende des Dachrückens zum andern, auch über die Schornsteine, und wenn Ecken, Frontispize, oder hervorstehende Altane daran befindlich sind, auch über deren Gipfel und Rand eine zusammenhängende Metallstrecke zu führen. Da es nämlich ungewifs ist, woher der erste Anfall aus der Gewitterwolke kommen werde, so erfordert es die Vorsicht, dafs wir alle wahrscheinlich in Gefahr stehende obern Ecken des Gebäudes durch metallische Bewaffnung und Verbindung mit der Hauptableitung schützen. Mehr ist aber nicht erforderlich, denn wenn auch der Blitz beim Mangel jener metallischen Bedeckung vielleicht einmal

statt in eine der hervorstehenden Ecken in die Fläche des Daches selbst eingeschlagen haben sollte, wie Trechsler[1] einen solchen Fall anführt, wo ein Blitz sich in die Fläche des Dachs eine grofse Oeffnung schlug, so wird dies auf keinen Fall zu befürchten seyn, wenn die hervorstehenden Ecken durch ihre metallische Bewaffnung und ihre *Verbindung* mit der übrigen metallischen Ableitung in zweifachem Grade anlockend geworden *sind*. Zu dieser metallischen Bewaffnung dienen Bleistreifen am schicklichsten. Sie lassen sich bequem an die Forstziegel anfügen und auf den Schornsteinrand *annageln*. Vielfältige Erfahrungen haben gelehrt, dafs sie den Blitz hinlänglich leiten, wenn sie eine gehörige Breite und Dicke haben[2]. Würden sie zu dünn seyn, so könnten sie allerdings durch den Blitz geschmolzen werden. Bei dieser Bedeckung aller in der Höhe hervorragenden Stellen bedarf es in der Regel nicht weiter einer besondern *Auffangstange*. Dies beweisen so manche Wetterschläge, welche auf blofs bleierne Bedeckungen an Giebeln oder stumpfen Dachenden, die auf diese Weise eingerichtet waren, gefallen sind. Ohne eine solche Bedeckung schützen die Auffangstangen selbst von einer ansehnlichen Länge doch nur, *selbst nach dem Geständnifs derjenigen*, die sie jetzt noch für unentbehrlich halten, auf eine Weite von 40 bis 50 Fufs, und in gröfseren Entfernungen sind der Stangen ohngeachtet, dennoch Schläge auf viel weniger erhabene Ecken der Gebäude gefallen. Beispiele hiervon lieferten das Magazin zu Purfleet, wo die getroffene eiserne Klammer an einer obern Ecke nur 46 Schuhe von der Auffangstange entfernt war, Hatsendens Haus in England[3], wo der Blitz einen von der Auffangstange 50 Schuh weit entfernten Schornstein zuerst traf, und von da aus durch verschiedene metallische Theile mit Zerschmetterung der dazwischen liegenden metallischen Körper in die Erde ging, das Werkhaus zu Heckingham bei Norwich, das ohngeachtet seiner 8 zugespitzten Auffangstangen am 17. Juni 1782 vom Blitze an eine von der nächsten Auffangstange 42,5

1 G. LXIV. 234.
2 S. das Technische am Ende.
3 Philos. Trans. LXV. 336.

Schuh entfernten und 8 Fuſs niedrigern Ecke des Fachs getroffen wurde, wo er auch zündete [1], das Schloſs zu Dresden, wo der Blitz am 24sten August 1783 einen von der Ableitungsstange 94 dresdner Ellen weit abstehenden Altan traf. Ja in neuern Zeiten hat sich sogar ein Fall ereignet, der den Kreis, über welchen eine Auffangstange ihren Schutz erstreckt, als noch viel beschränkter darstellt. In diesem von Trechsler bekannt gemachten Falle, schlug der Blitz in ein mit zwei zugespitzten Auffangstangen versehenes Haus, das dadurch entzündet wurde und gänzlich abbrannte. Beide Auffangstangen waren auf der Dachforst auf die gewöhnliche Art an hölzernen, 15 Fuſs hohen, Stangen befestigt (das Eisen ging noch 15 F. höher hinauf) und standen in leitender Verbindung mit einander, zwar nicht unmittelbar auf dem Dache, aber an dem in einiger Entfernung vom Hause stehenden Pfahle, an welchen sie beide geführt waren, und von wo aus die Ableitung 3 — 4 Fuſs tief in feuchte Erde versenkt war. Die Auffangstangen waren so angebracht, daſs die eine auf der Hofseite 16 Fuſs von der hintern, die andere 12 Fuſs von der vordern Ecke der First abstand. Die First des Daches selbst war nach dem Risse 66 Fuſs lang, der Abstand beider Ableiter von einander betrug also 38, der halbe Abstand 19 Fuſs. Ueber den Gang des Wetterstrahles selbst war zwar nichts mit vollkommener Gewiſsheit auszumitteln, indessen schien es nach allen Umständen, besonders nach der Stelle zu urtheilen, wo die Flamme zuerst ausbrach (in den Ställen am hintern Theile) wahrscheinlich, daſs der Wetterschlag den hintern Giebel getroffen hatte. Hier erstreckte also die Auffangstange ihren Schutz nicht einmal auf 16 Fuſs. Man sieht aus allem diesen deutlich, daſs ohne jene Verwahrung aller hervorragenden Theile am obersten Theile des Gebäudes durch Metall und Verbindung desselben mit der Hauptableitung bloſse Auffangstangen, von denen eine einseitige Leitung zur Erde führt, nur einen sehr precären Schutz geben.

Indem man die Auffangstangen wegläſst, wird die Zurüstung weit einfacher und wohlfeiler, die ganze Anstalt hat

---

1 Reimarus 2te Abhandlung. S. 28. — 31.

nichts Auffallendes mehr, und niemand kann es einem Eigenthümer wehren, den First seines Daches mit Blei belegen, und mit einer heruntergehenden Metallstrecke verbinden zu lassen. Indessen legte man, wie schon oben bemerkt worden, von dem ersten Zeitpunct der Errichtung der Gewitterableiter an, noch einen ganz andern Werth den Auffangstangen bei, sofern sie nämlich als zugespitzte Stangen die Elektricität der Gewitterwolken unmerklich ableiten, oder, um die Sache nach der dualistischen Theorie zu bestimmen, durch fortdauernde Zuführung und Ausströmung von negativer Elektricität die positive den Wolken allmählig ausgleichen, und die Entladung durch einen eigentlichen, doch immer einen grofsen Schrecken veranlassenden Wetterschlag gänzlich abwehren sollten. In den ersten Jahren hielt man streng an dieser Idee, doch bemerkt schon Gehler [1]: die grofse Meinung, die man sonst von dem Abzuge hegte, den zugespitzte Stangen auf die Wetterwolke äufserten, hat sich in den letzten Jahren sehr vermindert. Der Blitz hat in Spitzen geschlagen [2], man hat die Gewitter dadurch nicht geschwächt gefunden, auch keine Wetterlichter daran gesehen [3], und in der That ist es widersprechend, dafs die Spitzen den Ausbruch erleichtern und doch nie dem Schlage ausgesetzt seyn sollten. Lord Mahon [4], welcher behaupten will, die Spitzen leiteten jede Menge von Elektricität stillschweigend ab, mufs nach seinen Grundsätzen doch zugeben, dafs der Rückschlag sie treffe. Auch elektrische Versuche im Kleinen zeigen, dafs bei starker Ladung und schneller Annäherung der Schlag in Spitzen geht, selbst in weiterer Entfernung als auf stumpfe Körper [5]. Hemmer [6] führt an, dafs wenn ein flaches, einer Spitze vorgehaltenes Metall

1 Im Vten Bande seines Wörterbuchs im Jahre 1799.

2 In der Kirche della Madonna della Guardia bei Genua. Samml. zur Physik und Naturgeschichte II. 588. und in einem Hause zu Oppenweiler nach Hemmer in Comment. Acad. Theod. Palat. VI. 525.

3 Landriani, dell' utilità dei Conduttori p. 25 not.

4 Principles of electricity §. 226—228.

5 S. Barbier de Tinan in der Samml. zur Physik und Naturg. II. 333. flgd.

6 Anleitung Wetterableiter anzulegen §. 52. S. 16.

noch nicht von einem Schlage erreicht wird, und man es plötzlich wegzieht, die Spitze sodann einen lebhaften Schlag erhält. Gehler fügt dann aber hinzu: Schädlich sind inzwischen die Spitzen keinesweges. Die Wolke locken sie nicht herbei, kommt sie aber in ihren Wirkungskreis, so locken sie den Ausbruch dahin, wohin man ihn haben will, und wo er ohne Schaden zur Erde geführt wird. Biot[1] führt als einen Beweis, daſs Spitzen doch wohl durch unmerkliche Entladung nützlich werden könnten, eine merkwürdige Erfahrung an, die Charles ihm erzählt hatte, daſs dieser nämlich aus Gewitterwolken, die sich unter Blitz und Donner näherten, zuweilen auf seinen elektrischen Drachen eine, lange Zeit fortwährende, Reihe von Funken, gleich einem Feuerstrome sich ergieſsen sah, und dann die Wolken ohne weitere Blitze und also ganz entladen fortzogen. Auch noch neuerlich hat Trechsler die Spitzen in Schutz genommen. „Man müsse sich, sagt er[2], von der „Kraft einzelner Ableiter mit Auffangstangen, Gewitter all„mählig abzuleiten und zu schwächen, freilich nicht über„triebene Vorstellungen machen. Bedenke man aber dann „die auffallende Wirksamkeit, welche metallene Spitzen „zur Schwächung und Entkräftung auf die stärkste Elek„trisirmaschine äuſsern, und habe man die zum Theil furcht„bare Thätigkeitsbeweise beobachtet, die ein zur Unterbre„chung und zum Funkenschlagen eingerichteter Ableiter zur „Zeit eines nahen Gewitters zeige, so dürfe man diese ein„saugende, sogenannte offensive Wirkung nicht für ganz „unbedeutend halten. Führe doch der Ableiter, wenn der „Strahl wirklich durch ihn gehe, einen solchen mächtigen „Elektricitätsstrom in einem Augenblick zur Erde, warum „sollte er nicht in längerer Zeit den Stoff zu manchem Strahl „abführen können? Könne man auch nicht leicht mit Steck„nadelspitzen einem Menschen das Blut abzapfen, so komme „auch die Feinheit und Beweglichkeit des Bluts mit derje„nigen der elektrischen Flüssigkeit in keinen Vergleich, und „wohl möchten die Millionen Tannen auf den Bergen eine

---

1 Traité. II. 448.

2 a. a. Orte.

„schöne Portion Gewitterstoff zur Erde führen; warum wä-
„ren sonst die Gewitter in Ebenen heftiger, besonders an-
„haltender als auf Bergen? Und warum schlüge hier der
„Blitz so äufserst selten in die Alpenhütten, obgleich leitende
„Rauchsäulen aus ihnen in die Höhe steigen. Am wahrschein-
„lichsten sey es ihm, die Gewitterwolke sey ein *Laboratorium*
„*zur Bildung der Elektricität*, und nicht ein *Magazin zur*
„*Aufbewahrung bereits gebildeter*, er glaube aber, dafs sie
„in ununterbrochener und nicht blofs in augenblicklicher
„Thätigkeit sey, wie De Luc meinte, d. h. die Wolke lade
„sich nach und nach, von Zeit zu Zeit entlade sie sich durch
„Blitze, lade sich dann wieder, und so abwechselnd, bis die
„Ursache ihrer Ladung allmälig zu wirken aufhöre. Für
„die allmälige Bildung des Gewitterstoffs in den Wolken,
„und für die Möglichkeit einer Schwächung durch zugespitzte
„Ableiter scheine eben jene unablässige Thätigkeit zu spre-
„chen, welche sich an einem ununterbrochenen Ableiter zur
„Zeit eines Gewitters beobachten lasse".

Die Commissarien der Akademie der Wissenschaften zu Paris haben in einer Anweisung zur Errichtung von Wetterableitern, die neuerlich von ihnen bekannt gemacht ist[1], und auf die wir weiter unten zurückkommen werden, die zugespitzten Auffangstangen gleichfalls noch in Schutz genommen, nehmen an, dafs ein solcher Blitzableiter um sich her einen kreisförmigen Raum, dessen Radius gleich dem doppelten der Höhe der Auffangstange sey, noch kräftig gegen den Angriff des Blitzes zu schützen vermöge[2], und haben auf diese Regel auch ihre Vorschläge zur Sicherung der Gebäude von verschiedener Länge und Breite gegründet, indem sie z. B. für ein Gebäude von 20 Metern (60 Fufs) im Quadrat zur vollkommenen Sicherung eine einzige Auffangstange auf der Mitte seines Daches errichtet, von der Höhe von 5 — 6 Metern (15 — 18 Fufs) für vollkommen hinreichend halten, und so im Verhältnisse. Sie stützen sich dabei auf die Meinung des bekannten Physikers Charles, der sich viel mit diesem Gegenstande beschäftigt habe. Der von Trechsler be-

1 G. LXXVII. 403.

2 a. a. O. S. 416.

kannt gemachte Fall kann aber nicht anders als Misstrauen in diese Regel einflöfsen, und die einzige vollkommene Sicherung eines Gebäudes kann nur durch die metallische Bewaffnung aller in der Höhe desselben hervorstehenden Ecken erreicht werden.

Dafs von der unmerklichen Ableitung der Elektricität auch der stärksten Elektrisirmaschine durch Spitzen kein Schlufs auf die Entkräftung einer Gewitterwolke gelte, ist einleuchtend, wenn man die ungeheure Quantität von Elektricität, die sich in einem Blitze entladet, mit dem selbst stärksten Funken einer Harlemer Maschine vergleicht; auch müssen die Spitzen dem Leiter der Maschine schon sehr nahe gerückt werden, um diese völlige Entziehung zu bewirken. Wenn wir auch die Seltenheit des Einschlagens des Blitzes in Alpenhütten mit Trechsler der unmerklichen Ableitung der elektrischen Materie durch die Nadeln der Tannen zuschreiben wollten, was ist dann die einzelne Spitze der Auffangstange verglichen mit den Millionen Spitzen eines Tannenwaldes. Keine Erfahrung im Grofsen existirt, dafs es weniger häufig in Blitzableiter mit zugespitzten Auffangstangen eingeschlagen habe, als in solche, die nicht damit versehen waren. Die Fälle von Wetterschlägen auf Spitzen sind vielmehr gar nicht so selten, wie man nach den wenigen oben aus der früheren Ausgabe dieses Wörterbuchs angeführten Beispielen glauben könnte. In v. Yelin's Schrift sind drei Fälle dieser Art erzählt, auch Reimarus erwähnt mehrere. Jenes weit ausgedehnte furchtbare Gewitter vom 11ten Januar 1815 traf sowohl den Gewitterableiter des Lambertithurms zu Düsseldorf als des Reinoldithurms zu Dortmund, die beide in Spitzen ausgingen[1] u. s. w. Brandis erinnert auch sehr richtig, dafs wenn wirklich die Spitzen in gewöhnlichen Fällen den Dienst einer unmerklichen Ableitung der Elektricität der Wetterwolken leisteten, man bei Nacht viel öfter die Spitzen der Gewitterableiter während eines Gewitters leuchtend sehen müfste, was doch bekanntlich nur sehr selten wahrgenommen wird[2]. Jene von Biot

---

1 G. L. 341.

2 Allgemeine Encyklopädie XI. Bd. S. 52.

mitgetheilte Beobachtung von CHARLES läſst einerseits den Zweifel zu, *ob* nicht jene Gewitterwolken, die unter Blitz und Donner heranzogen, schon *in* diesen selbst sich entladen haben, ohne daſs das sogenannte Feuersprühen der elektrischen Drachen wesentlichen Antheil daran gehabt, andererseits befinden sich elektrische Drachen in einer viel grösseren Nähe bei den Gewitterwolken als die zugespitzten Auffangstangen auf gewöhnlichen Gebäuden. Wenn man nun einer einzelnen und selbst mehreren Spitzen (da ja der Blitz auch in das mit 8 zugespitzten Auffangstangen versehne Werkhaus zu Heckingham eingeschlagen hatte) das Vermögen nicht zuschreiben kann, die elektrische Materie der Wolken unmerklich abzuleiten, so kommt ihnen ebenso wenig der Vorzug zu, seltener als abgestumpfte oder mit einer Kugel versehene Wetterstangen getroffen zu werden, da *in* manchen Fällen der Uebergang der Elektricität in Funken durch Spitzen vielmehr erleichtert wird, nach den *Pausenversuchen* von GROSS auf nur wenig abgestumpfte Kegel, *die sich* den gewöhnlichen Spitzen der Wetterstangen *sehr nähern*, die Funken in viel gröſseren Distanzen überschlagen, als auf Kugeln, diese überhaupt dem Uebergange um so mehr Widerstand leisten, jemehr sie sich von der Spitze entfernen, d. h. je *gröſser* ihr Halbmesser ist, je mehr sich ihre gekrümmte Fläche einer Ebene nähert. DE LUC findet vollends in *seiner* Theorie der Gewitter und der Entstehung des Blitzes entscheidende Gründe gegen zugespitzte Blitzableiter. Nach seiner Vorstellungsart[1] geht die elektrische Flüssigkeit, sobald sie durch jenen, freilich *noch* problematischen Proceſs, der die Gewitter bildet, erzeugt ist, in *Strömen* aus, und nimmt ihre Richtung gegen denjenigen Punct, gegen welchen sie die Umstände ihrer Erzeugung bestimmen, aber die Luft widersteht ihr, und nöthigt *sie* von Zeit, zu Zeit ihren Weg zu verändern; diese wiederholten Reflectionen durch comprimirte Luft bilden das Zickzack und die schlangenförmigen Windungen des Blitzes. Alle diese Operationen haben nun so mächtige Ursachen, daſs das Bemühen, ihnen durch kleine Ableiter zuvorzukommen, dagegen eben

1 S. *Blitz*.

so vergeblich scheint, als das Läuten der Glocken. Wenn jene Umstände den Blitz hervorbringen, und gegen ein Gebäude zu gehen bestimmen, so wird kein Mittel, das in unserer Macht steht, ihn dahin zu gelangen hindern können. De Luc glaubt, ein zugespitzter Ableiter schade eher, als er nütze, weil nach Volta die Wirkung der Spitzen darin bestehe, dafs sie das elektrische Fluidum der Luft in sich nehmen. Wenn sich also dem zugespitzten Ableiter eine Wolke nähert, in der neues elektrisches Fluidum hervorgebracht wird, so ist seine Wirkung diese, dafs er die davon abgestofsene Elektricität der Luft in sich nimmt und die Luft um sich her negativ macht; dadurch wird der Blitz bestimmt auf diese Seite zu fahren, *ohne eben den Ableiter selbst zu treffen*, weil sein wirklicher Gang von andern Umständen abhängt, deren Anordnung nicht in unserer Gewalt stehet. Die einzige Hülfe, die wir *anwenden* können, besteht also darin, dafs wir alle hervorragenden Ecken, Spitzen, am oberen Theile des Gebäudes, die auf gleiche Weise bedroht sind, mit Metall bewaffnen, und mit einer guten metallischen Ableitung in Verbindung setzen, worin er also ganz mit Reimarus zusammentrifft. Uebrigens ist dieses Raisonnement auch vollkommen anwendbar, wenn wir, wie oben geschehen, annehmen, dafs sich die elektrische Materie in den Gewitterwolken anhäufen kann, und diese gleichsam als grofse geladene Conductoren anzusehen sind. Doch mag in vielen Fällen die Erzeugung der Elektricität so rasch geschehen, dafs der Ausbruch oder die Explosion fast gleichzeitig damit ist.

Was aber den Spitzen vorzüglich entgegensteht, ist ihre Unfähigkeit wegen ihrer zu kleinen Oberfläche und Masse einen starken Wetterschlag unschädlich abzuleiten. Trifft sie ein solcher, so werden sie, wie die Erfahrung gelehrt hat, nicht selten geschmolzen, und das herabfliefsende glühende Metall kann dann zu Entzündungen Veranlassung geben, wenn auch die elektrische Materie selbst in ihrem weitern Fortgange unschädlich abgeleitet wäre. Man hat diesem so wie dem Rosten, wodurch das Leitungsvermögen sehr geschwächt, und eine gewaltsame Wirkung des Blitzes begünstigt wird, dadurch abzuhelfen gesucht, dafs man die Spitzen von einem besser leitenden Metalle, nämlich Kupfer oder

Messing verfertigte, und die feinste Spitze wohl auch noch vergoldete. Herr PIXIS, Neffe und Nachfolger des Mechanicus DUMOTIEZ in Paris, verfertigt solche Auffangsspitzen für Gewitterableiter aus gefirnifstem Kupfer mit Platin sich endigend, und aufgeschraubt auf einem eisernen Stabe, der an das obere Ende der Auffangstange angelöthet wird, das Stück zu 30 Franken; indessen werden dadurch offenbar die Kosten um sehr viel vermehrt, ohne dafs etwas im Wesentlichen gewonnen wird. Denn dafs auch solche vergoldete Messing- oder Kupferspitzen geschmolzen werden, hat die Erfahrung gleichfalls gelehrt, wie namentlich bei dem Wetterschlage zu Rofsstall die äufserste feine Spitze weggeschmolzen worden war [1], bei jenem auf dem Lambertithurm zu Düsseldorf, wo die gleichsam eine Spitze vertretende dünne vergoldete Schwanzfeder des Hahns an einer Stelle abgeschmolzen war, und nicht selten werden sie da, wo sie aufgeschraubt sind, abgeschlagen, wie z. B. in einem von v. YELIN [2] angeführten Falle, wo der Blitz die kupferne kegelförmige Spitze auf der Auffangstange bei der Schraube abschlug, und ganze 200 Schritte weit hinwegschleuderte. Dafs eine dünne Goldhaut oder ein feines Platin Ende die Leitungsfähigkeit der Spitzen nicht merklich vermehren werde, leuchtet ein, und wenn unsere Voltaischen Apparate selbst dicken Platindraht in glühende Kugeln zertheilen, ist dies nicht noch weit eher von einem mächtigen Wetterstrahle zu befürchten?

Zu der Zeit als man den zugespitzten Auffangsstangen so grossen Werth beilegte, hat man auch mannigfaltig an ihnen gekünstelt. Man hat mehrere Spitzen an eine Stange angebracht, diese, um den Wolken zu begegnen, nach verschiedenen Weltgegenden gerichtet, seitwärts an den Wänden bei jedem Stockwerk zugespitzte, ja selbst niederwärts gerichtete, mit Spitzen versehene Stangen gegen die aufwärts schlagenden Blitze vorgeschlagen [3]. GÜTLE [4] verwirft die

1 v. Yelin a. a. O. p. 14.

2 a. a. O. p. 38.

3 Mémoires sur les verges ou barres metalliques destinées à garantir les édifices des effêts de la foudre in den Mém. de l'Acad. des Sciences 1770 p. 63 und Bertholon de St. Lazare de l'électricité des météores. Tome I. p. 228.

4 G. LXIV. 266.

konisch oder pyramidalisch zugespitzten Auffangstangen und empfiehlt lanzenförmige Auffangspitzen, von denen, wie er behauptet, noch nie eine vom Donner beschädigt worden sey. Diesen Vorzug würden sie offenbar nur der gröfsern Oberfläche, die sie dem Blitze darbieten, verdanken, aber auch bei ihnen möchte die Gefahr der Schmelzung der äufsersten feinen Zuspitzung nicht wegfallen. Dafs solche zugespitzte Auffangstangen auch durch die gröfste Länge, die wir ihnen geben können, und man hat sie wohl bis auf einige 20 Fufs verlängert, in ihrer Wirksamkeit durch gröfsere Annäherung an die Gewitterwolken nichts gewinnen können, bedarf keiner weitern Ausführung. Nach allem diesen mufs man also Reimarus in der Verwerfung der zugespitzten Auffangstangen beistimmen. Sollen Stangen einigen Nutzen schaffen, so müssen sie an den, dem Anfalle am meisten ausgesetzten Stellen, d. i. an den Schornsteinen oder bei freistehenden Gebäuden an den Ecken angebracht werden, sie dürfen alsdann nur etwa 4 Fufs hervorragen, und sie müssen *stumpf* und gehöriger Dicke, etwa 0,75 Zoll im Querschnitt seyn. In allen den Fällen, wo man den unmittelbaren Anfall des Blitzes auf das Dach zu fürchten hat, könnten sie von Nutzen seyn, besonders für Strohdächer, für welche sie Reimarus ausschliefslich empfiehlt. Hier kann man an jedem Ende des Hauses eine aufrichten, und entweder einer jeden ihre eigene Ableitung geben, oder mit der übrigen Ableitung verbinden. Dabei bleibt aber immer noch die Nothwendigkeit der Sicherung aller übrigen Ecken und Hervorragungen am Dache durch Bleistreifen, die mit dem Hauptstreifen, der über den First des Daches geht, in Verbindung zu bringen sind. Sind Dachknöpfe, Kreuze, Windfahnen ohnedem auf den Dächern, so können diese den Dienst der Auffangstange vertreten, müssen aber gleichfalls durch Metallstreifen in gute leitende Verbindung mit der Hauptableitung gebracht werden.

Wilson's Vorschlag, die Stangen mit Kugeln zu versehen und unter das Dach zu erniedrigen, ist auf alle Weise zweckwidrig. Der Blitz findet seinen Weg zu dem Metalle auch innerhalb des Dachs, und er wäre dadurch nur veranlafst, das Dach zu durchbrechen. Auch das Isoliren der

Stangen ist unnöthig, weil der Blitz eine metallische Leitung, wenn sie sonst gut ist, ohnehin nicht verläfst, und ist sie schlecht, zu einer bessern, auch durch nicht leitende Körper sich Bahn macht..

b. Mittlerer Theil des Ableiters oder Herabführung der Ableitung am Gebäude selbst.

Von dem über den First des Daches gehenden Bleistreifen führt man die weitere metallische Ableitung auf dem, wo möglich kürzestem Wege längst dem Dache und derjenigen Seite des Hauses, an welcher der Ableiter entweder am leichtesten sich verstecken oder sonst am bequemsten anbringen läfst, oder von wo die etwa nöthig erachtete Fortführung bis zu einem in der Nähe befindlichen Wasser am leichtesten geschehen kann, abwärts. Am dienlichsten sind dazu nach Reimarus Vorschlage Kupfer- oder Bleistreifen, die sich auf Holz mit den Rändern über einander nageln lassen. Hier kann der Uebersprung des Blitzes höchstens ein Paar Nagel aus einander reifsen, und wenn der obere Streifen mit seinem Ende über dem unteren liegt, nicht einmal den Streifen auseinander werfen. Kupfer ist nach den elektrischen Versuchen, besonders van Marum's der beste Leiter. Blei freilich ein schlechterer, der auch leichter schmilzt; allein die Erfahrung, behauptet Reimarus, habe gezeigt, dafs 3 Zoll breite Bleistreifen auf Holz genagelt selbst bei unvollkommener Leitung den Wetterschlag ohne Beschädigung der darunter liegenden Theile herabführen. Zu aller Sicherheit möchte man 6'' breite Streifen nehmen, wo eine Anlockung nach dem Innern des Gebäudes etwa durch grofse Metallmassen gröfser ist. Der einzige Umstand, der hierbei in Betracht kommt, ist die Verwitterung des Bleies, und das Faul- und Mürbewerden des Holzes, auf welches das Blei genagelt ist, durch Luft und Feuchtigkeit. Durch die erstere verliert das Blei von seiner Leitungsfähigkeit, und dies kann Platzungen an den Stellen der Zusammenfügung der Bleiplatten, wo die Leitung ohnedem etwas unvollkommen ist, Durchbohrung des Bleies und Zündung des oft fast wie Zunder brennbar gewordenen mürben Holzes veranlassen.

Einen Fall von der Art stellt unter andern das Einschlagen des Blitzes in dem Reinoldithurm zu Dortmund am 11. Jan. 1815 auf, wo ein Theil eines heftigen Wetterstrahls in einer grofsen Strecke an den bleiernen Rinnen, die mit dem Hauptableiter in Verbindung gesetzt waren, hingelaufen war, (an dem aus eisernen Stangen bestehenden Hauptableiter hatte man einen Funken von der Gröfse einer Faust herabfahren gesehen, und unten auf der Erde am Ende des Ableiters war alles mit Feuer übergossen) an einer dieser Rinnen, die 1,5 Fufs breit und 45 Fufs lang war siebenmal durchs Blei, und zwar gewöhnlich da, wo die Bleiplatten übereinander genietet, geschlagen und an einer Stelle gezündet hatte. In dieser Rinne war viel altes verwittertes Blei, es hatte durchgeregnet und das Holz war faul und mürbe, auch waren die Rinnen mit Eis und Schnee angefüllt gewesen[1]. In Ansehung des ganzen Weges dieses Wetterstrahles, der auch noch in andere Rinnen, doch ohne zu zünden, durchgeschlagen, den Bleistreifen auf der First eines Queerflügels 10 bis 12 mal aufgebogen, auch die Nägel in einer grofsen Strecke umgeschlagen hatte, war noch bemerkenswerth, dafs er 100 Fufs horizontal fortgegangen, dann bergauf, bergab und wieder bergauf, um endlich durch einen zweiten Hauptableiter des Chors der Kirche zur Erde zu gelangen. Dafs die Anfüllung der Rinne mit Schnee und Eis, welche Nichtleiter sind, und die seitliche Ausbreitung hinderten, die gewaltsame Wirkung abwärts und die Durchbohrung des Bleies mit beförderte, ist wohl keinem Zweifel unterworfen. Bei blofsen Bleistreifen wäre diese Ursache weggefallen. Um die Oxydation und das Verwittern des Bleies zu verhindern, mufs dasselbe mit einer guten Oelfarbe angestrichen werden.

In Ansehung der Richtung des Ableitungsstreifens hat man sich eben nicht ängstlich an den kürzesten senkrechten Weg zu binden. Es schadet nichts, wenn die Ableitung nach Mafsgabe des Gebäudes mitunter seitwärts abweichend geführt werden mufs, und selbst eine horizontale Fortleitung wird nicht hinderlich seyn, da es durch alle Erfahrungen entschieden ist, dafs der Blitz den Metallen, wenn sie nur

---

1 G. L. 341.

sonst durch Oberfläche und *Masse* eine hinlängliche Ableitung gewähren, in allen Richtungen *folgt*, und diesen Weg dem Durchbruche durch schlechte Leiter vorzieht. Nur darf nicht aufser Acht gelassen werden, dafs durch die Ausdehnung der Ableitung in die Länge die Leitung *selbst* abnimmt, das Moment der Isolirung, das auch noch bei den besten Leitern vorhanden ist, wächst. Nicht die senkrechte Richtung als solche, sondern als die kürzeste, und dadurch unter sonst gleichen Umständen die verhältnifsmäfsig beste Leitung gewährende, verdient also den Vorzug. Es ist überflüssig und übelstehend, die Ableitung durch eiserne oder hölzerne Stützen und Klammern vom Gebäude abzuhalten, wie z. B. Hemmer bei Anlegung seiner Wetterableiter gewöhnlich gethan hat. Reimarus führt viel bequemer die Ableitung am Gebäude unmittelbar herunter, der *Strahl* wird gewifs das Metall nicht verlassen, um in Mauern und Pfosten einzudringen, da ihn schon eine Vergoldung ohne Schaden des Holzes leitet. Ueber die Firstziegel schicken sich Bleistreifen besser, am Dache herunter ist ein doppelter *Kupferstreifen* dauerhafter, an der Mauer oder den Pfosten kann man das Eine oder Andere wählen. Ist der Streifen von hinlänglicher Breite und Dicke, so ist in den meisten Fällen, bei gewöhnlichen Wohnhäusern, Wirthschaftsgebäuden u. dgl. ein einfacher Ableitungsstreifen hinlänglich. Nur da, wo dieser nicht auf geradem Wege, sondern auf einem sehr langen Umwege zur Erde geführt werden müfste, wo das Gebäude eine sehr grofse Ausdehnung hätte, z. B. bei einer Kirche mit mehreren Thürmen, wo vielleicht in der Nähe der Stelle, wo der Blitz getroffen hat, der Wetterstrahl mit einem kleinen Absprunge oder Durchbruche von der Ableitung aus eine andere Strecke von Metall erreichen könnte, die ihm eine Nebenleitung zum Erdboden darböte, und zumal wenn er reichlicheres Metall oder sonstige Vorzüge vor dem einfachen Ableitungsstreifen fände, zu welchem zu gelangen er einen langen Weg zu nehmen hätte, kann es nöthig werden, mehr als einen Ableitungsstreifen zu gebrauchen, und diese so gerade als möglich herunterzuführen. Bei einem mit Metall bedeckten Dache, auf welchem sich der Strahl jedesmal ausbreitet, sind solche unvermuthete

Durchbrüche von verschiedenen Enden zu befürchten. Daher räth Reimarus, zu den Ableitungsstreifen in solchen Fällen eine sehr reichliche Breite von Metall zu nehmen, und von mehreren Enden aus Ableitungsstreifen herabgehen zu lassen.

Auch die besten Leiter setzen dem freien Fortgange eines Blitzstrahles einigen Widerstand entgegen, welcher Seitenexplosionen gegen angrenzende Körper veranlassen kann. Man muſs also den Ableiter nicht in die Mauer oder andere innere Theile des Gebäudes einschlieſsen, sondern von auſsen anlegen. Zwar kann man die Regenröhren, in welchen freier Raum genug ist, zur Ableitung gebrauchen, wenn sie gleich auswärts eingeschlossen sind, wiewohl man immer besser thut, da wo sie durch eine hölzerne oder steinerne Rinne durchgehen, noch eine äuſsere Leitung anzulegen. Alles Metall, was sich von Auſsen am Gebäude befindet, mit der Ableitung zu verbinden, ist nicht nöthig; es kommt hierbei nur auf die hervorragenden und hoch gelegenen Metalle, Stangen oder Haken an, *welche entweder unmittelbar aus der Wolke getroffen werden möchten, oder so liegen, daſs der Strahl ohne groſsen Widerstand auf sie durchbrechen, und hernach eine Leitung nach unten finden könnte.* Flach an der Mauer und entfernt vom Giebel oder den Ecken des Dachs liegende abgesonderte Stücke Metall *werden nicht unmittelbar getroffen*; selbst wenn ein Metall nur wenige Fuſs unter dem Giebel liegt, pflegt doch noch oberhalb ein Schornstein oder der Dachrücken beschädigt zu werden, ehe der Blitz es erreicht, wie vielmehr werden ihn die mit Metall belegten und mit einem guten Ableiter in Verbindung gesetzten Ecken anlocken. *Auch auf dem ferneren Wege zur Erde macht der Blitz keine Seitensprünge von einer zusammenhängenden Leitung auf abgesonderte Stücke Metall.* Befindet sich aber nahe am Giebel oder einer obern Ecke hervorstehendes Metall, wovon noch eine Strecke nach unten fortgeht z. B. eine Rauchröhre, die aus Oefen der untern Stockwerke hervortritt, so ist es gut, wenn es irgend angeht, von da aus eine eigene Ableitung zur Erde gehen zu lassen. *Innere groſse Metallmassen oder sonstige gute Ableitungen können den Blitz anlocken, obgleich auf dem weitern Wege ihn nicht ge-*

rade eine zusammenhängende Strecke guter Leiter weiter bringt, wenn nur kein zu *großer* Widerstand von Nichtleitern bis zur Erde statt findet, und es kann dadurch eine Theilung des Blitzes *veranlaßt* werden, wenn die äußere metallische Ableitung von zu geringer Oberfläche und Masse ist. Einen Beleg hierzu geben zwei von v. Yelin[1] bekannt gemachte Fälle, der eine zu Roßstall, wo der Blitz zwar dem aus einem Geflecht von Messingdraht bestehenden, außen angebrachten Leiter folgte, aber nicht hinlänglich, wegen zu geringer Dicke der einzelnen Drähte dadurch abgeleitet, bei der Thurmuhr, vor dessen Zifferblatte dieses Drahtseil vorbeiging, sich theilte, indem ein Strahl in den Thurm selbst hineindrang, die Hälfte des Zifferblattes zersplitterte, neben demselben einige Steine ausbrach, und seinen Weg der Mauer entlang in das Innere der Kirche selbst genommen haben mußte, wie nämlich aus dem in der Kirche entstandenen erstickenden phosphorig schweflichten Geruche zu urtheilen war, und im zweiten Fall, wo der Ableiter gleichfalls aus einem Drahtseile von nicht hinreichender Dicke der Drähte bestand, und der Blitz, der auf den Thurm geschlagen, sich mit einem Theile nach Innen Bahn machte, und ein Gewölbe durchbohrte, um zu einem fließenden Brunnen zu gelangen. Befinden sich daher vollends an einem Gebäude mehrere herabführende Metallstrecken z. B. Regenröhren, Metallgräten an dem Schieferdache einer Thurmspitze u. dgl., so muß von dem untern Ende einer jeden eine Verbindung durch einen Metallstreifen gemacht, und sodann, was unstreitig die Hauptsache ist, eine fernere reichliche Ableitung zur Erde angebracht werden. Sind solche Strecken im Innern der Gebäude, wo dieses nicht angeht, z. B. Glocken, Uhrpendeln u. dgl., so bleibt nichts übrig, als die äußere Ableitung davon möglichst zu entfernen, und desto *reichlicher* zu machen. In beiderlei Hinsicht war also jener oben angeführte Ableiter am Thurme zu Roßstall fehlerhaft angelegt. Dagegen rieth Reimarus jener Vorschrift gemäß beim Anschariusthurme in Bremen die Ableitung nicht nahe an dem Zifferblatte anzubringen, weil der Blitz sonst immer seinen

---

1 a. a. O. p. 14.

Weg durch die Zeigerstangen genommen hatte; die Erfahrung hatte auch gelehrt, daſs ein nachmaliger Wetterstrahl der äuſsern Ableitung gefolgt war. Kann man sich auch durch Entfernung des Ableiters nicht helfen, wie bei Hängewerken, deren Stangen der Leitung auf dem Firste des Daches nahe sind, so muſs man der äuſseren Ableitung einen desto reichlichern Umfang geben, oder an verschiedenen Stellen Ableitungen herunter führen. Trechsler empfiehlt zu den Ableitungsstreifen statt des Bleies und Kupfers, wegen der gröſseren Wohlfeilheit, *verzinntes Eisenblech.* Es sollen Dachfirste, Halmstangen, Thurmknöpfe oft auf 100 Jahre (?) sich dauerhaft damit bekleiden lassen, und es lohnte sich vielleicht der Mühe und Kosten, eigene 3 — 4 Zoll und 1 bis 2 Linien dicke Eisenbänder zu Ableitern walzen und verzinnen zu lassen[1]. Schwerlich möchten sie sich aber bei Bedeckung der Dachfirste so gut antreiben lassen, wie die Bleistreifen, und die kleinste Verletzung der Verzinnung würde zu einer unaufhaltsamen Oxydation Veranlassung geben. Die geringere Dauerhaftigkeit des gewöhnlichen Eisenblechs ist aber durch die Erfahrungen an Dachrinnen genugsam erwiesen.

c. Unteres Ende der Ableitung. Versenkung in den feuchten Erdboden oder in flieſsendes Wasser.

Was nun den dritten Haupttheil jeder Ableitung, das untere Ende selbst betrifft, so stellte man sich fast im Innersten der Erde gleichsam einen allgemeinen Elektricitätsbehälter vor, oder einen eigenen Sammelplatz, zu welchem man dem Blitze den Zugang erleichtern, und ihn daher tief in die Erde führen müsse. Die Erfahrung ergiebt aber, daſs der Blitz sich *in der Regel auf der Oberfläche der Erde ausbreite*[2].

Daſs in einem von Lempe[3] beschriebenen Falle ein Wetterschlag, der am 16. Juni 1787 auf Bescheert-Glück Fund-

---

1 G. LXIV. 242 und 243 Anm.

2 S. *Blitz.*

3 Magazin für die Bergbaukunde Th. V. 150 flgd.

grube im Freiberger Revier an dem Klingeldrahte des Huthhauses herab bis zur dritten Gezeugstrecke in die im Treibschachts-Tiefsten stehenden Wasser 135 Lachter oder über 800 Fuſs tief herabgeführt wurde, beweiset nichts für einen solchen tiefern Behälter, nach welchem die Elektricität strebt, da dieses kein eigentliches Eindringen in das Innere genannt werden kann, indem die Wandungen des Schachtes und die Oberfläche des Wassers in gewissem Sinne noch zur äuſseren Fläche der Erde gerechnet werden können. Zwar hat bei den meisten künstlichen Wetterableitern, die in die Erde gingen, der Blitz keine Aufsprengung des Bodens veranlaſst, aber es ist daraus nichts weiter zu schlieſsen, als daſs er schon an der Oberfläche sein natürliches Ziel erreicht, und die Ableitung verlassen habe, wie bei West's Ableiter[1] und an einem Wirthshause in Stockholm[2] aus dem Feuerscheine auf dem Pflaster der Straſse offenbar zu ersehen war. Dasselbe zeigte sich auch beim Einschlagen des Blitzes in den Ableiter des Reinoldithurms zu Dortmund. Man findet indeſs bei eingesenkten Ableitungen immer noch mehr Beispiele der Aufsprengung des Bodens, als bei andern Wetterschlägen. Aus diesem Grunde giebt Reimarus die Anweisung, den Blitzableiter nicht weiter als bis an die Oberfläche der Erde zu führen, und mit einem etwa einen Fuſs vom Gebäude abstehenden Winkel endigen zu lassen, und erklärt sich durchaus gegen alle Versenkung desselben in die Erde. Wir stimmen zwar in der Hauptsache diesem gründlichen Naturforscher hierin bei, glauben aber doch noch auf einen Hauptpunct aufmerksam machen zu müssen, den jener nicht genug hervorgehoben hat. Da es nämlich doch dabei wesentlich auf die leitende Beschaffenheit der Oberfläche, auf welcher sich der Blitz verbreiten soll, ankommt, die obere Lage des Bodens aber nach langer Dürre leicht trocken und nichtleitend wird, so erreicht man seinen Zweck am vollkommensten, wenn man den Ableiter in ein offenes, am besten, wo es angeht, *in flieſsendes Wasser* endigen läſst, weil sich an der Oberfläche desselben der Blitz leicht und mit der gröſsten

1 Phil. Trans. LIII. 94.
2 Schwed. Abhandl. XXXII. 11.

Freiheit vertheilen kann. Eine Versenkung in einen Brunnen würde dagegen diesem Zwecke *nicht* entsprechen, weil hier die Oberfläche zur Verbreitung viel *zu* beschränkt ist, und die Einfassung eines solchen Brunnens als Widerstand wirken könnte. Da auch selbst die feuchte Oberfläche der Erde *ein* viel schlechterer Leiter als Metall *ist*, und nur in dem *Verhältnisse* wenigen Widerstand leistet, in welchem ihre Berührungspuncte mit dem Metalle *vielfacher* sind, so *scheint* allerdings dem Ende des Ableiters *eine* gröfsere Ausbreitung durch Spaltung in mehrere Aeste und Zweige gegeben werden zu müssen. *Die* Nothwendigkeit dieser letzten Einrichtung hat Gütle[1] durch eine Reihe im Kleinen mit *Donnerhäusern* angestellter Versuche *nachzuweisen* gesucht, welche deutlich zeigten, dafs wenn *das* Ende des Ableiters nur einige Berührung *mit* dem Erdboden hatte, eine Anlokkung nach jenen durch einen Uebersprung und Theilung *des* Entladungsschlages in seiner *Bahn* statt fand, die sogleich wegfiel, wenn durch Vergröfserung dieses Endes, namentlich durch Endigung in mehrere *Aeste* die Berührungspuncte vervielfältigt wurden. Auch möchten wir eine Versenkung jener Zweige auf einen oder ein Paar Schuhe in die Erde rathsam finden, wenn daselbst mehr Feuchtigkeit als an der Oberfläche zu finden ist. Gerade der Umstand, dafs am Ende wegen zu weniger Berührungspuncte mit der Erde ein zu grofser Widerstand für die Ausbreitung statt findet, könnte unter sonst begünstigenden Umständen zu einer Theilung des Blitzes in mehrere Strahlen Veranlassung geben, um am Ende in mehreren Stellen einen freien Abflufs nach der Oberfläche finden zu können. Bedeckte Canäle unter der Erde oder Abtritte, wie Bertholon de St. Lazare[2] verschlägt, schicken sich am wenigsten zu Endigungen der Ableiter, weil der Funken beim Abspringen die brennbare Luft oder Knallluft darin entzünden kann.

---

1 Beiträge zur Erweiterung und Vervollkommnung der Elektricitätslehre. Salzburg 1813. XIII. Hauptstück. Das Abspringen des Blitzes von der Wetterstange Ursache und Gegenmittel. S. 210 flgd.

2 De l'Electricité des Météores Tome I. p. 261.

d. Das Technische.

Nach diesen Grundsätzen wird nun die Anlegung eines Wetterableiters so einfach als möglich, und kann von jedem Arbeiter in Blei, von jedem Kupferschmiede nach folgender von Reimarus angegebener Anweisung leicht ins Werk gesetzt werden. Die Auffangungsstange kann zwar in den meisten Fällen gänzlich wegfallen, will man aber eine aufsetzen, so nehme man sie von Eisen überall 0,75 Zoll dick und stumpf, und lasse sie 3 — 5 Fuſs über den Schornstein oder höchsten Ort hervorragen. Auf dem Dache wird zu diesem Behufe ein Ziegel durchbohrt, und mit einer Bleiplatte belegt, welche durchstochen und so ausgetrieben ist, daſs sie die Stange wie mit einem Halsbande umfasset. Um dieses wird ein eiserner Ring gelegt, der es fest an die Stange antreibt. Um die galvanische Wirkung der Feuchtigkeit hier, wo zwei heterogene Metalle in einer so innigen Berührung mit einander sind, abzuhalten, ist ein reichlicher Ueberzug von Oelfarbe besonders nothwendig. An die Stange aa selbst sind unterwärts zwei Federn angeschweiſst, durch welche sie vermittelst Schrauben bb befestigt ist, oder sie wird vermittelst der Kröpfung bei c auf den Rand des Schornsteines gestützt, und mit Nägeln bei bb befestigt. Auf dem Firste des Daches wird ein Bleistreifen 3 — 6 Zoll breit angebracht, den man an die Giebelpfosten und Schornsteine mit groſsen Nägeln befestiget, an den Firstziegeln aber an alle ihre Fügungen antreibt, und mit kleinern, am besten bleiernen Nägeln in dem Kalk der Fugen befestiget. Die Stücke der Bleistreifen werden mit einem Falze an ihren Enden in einander gelegt. Solche Streifen werden auch über den Rand oder die Kappe der Schornsteine hingelegt und an der Seite herunter mit dem Hauptstreifen verbunden. Mit dem Bleimantel der Auffangstange geschieht die Verbindung des Bleistreifens der First gleichfalls durch einen Falz, und ist die Auffangstange über dem Schornsteine errichtet, so wird der Bleistreifen bis unterhalb dieselbe hinaufgeführt, und ersterer durch Nägel an dieselbe und den Schornstein befestigt. Die Strecke der Ableitung am Gebäude herunter wird ebenfalls von 3 — 6 Zoll breiten Blei- oder Kupferstreifen auswendig herabgeführt: die Stücke derselben werden beim

Fig. 218.

Fig. 219.

Blei mit einem einfachen Falze zusammengetrieben, beim Kupfer aber entweder durch einen einfachen Falz vernietet, oder mit einem doppelten Falze, wie die Zeichnung darstellt, in einander gelegt, und wohl zusammengetrieben, auch, wo es die darunter liegenden Theile zulassen, mit Nägeln angeheftet. Der Falz muſs aber bei heruntergehenden Streifen so gelegt werden, daſs der Rand des oberen Stückes einwärts, des untern auswärts geschlagen sey. Wo die Ableitung frei über das Dach an einer Stelle, wo kein Winkel ist, oder wo sie nicht an dem Giebel anliegt, herunter geführt werden muſs, würden Bleistreifen oder einfache Kupferstreifen zu schwach seyn. Man nimmt also dort einen Streifen aus doppelt gelegtem Kupferblech. Wo nun die Stücke desselben zusammengefalzt und vernietet sind, da wird ein dünner messingener Draht eingehaket, welchen man unter einem Dachziegel durchsteckt, und inwendig, zur Befestigung, um Nägel, welche in die Latten eingeschlagen werden, umwickelt. Diesen Draht kann man, wenn etwas am Dache auszubessern ist, leicht lösen, den Streifen abheben, und hernach alles wieder in Stand setzen. Endlich wird die Ableitung, wo möglich, bis in ein offenes Wasser, wenn es auch nur eine Gossenrinne, nicht aber in einen Canal oder tief in die Erde oder gar in einen tiefen Brunnen geführt. Ist aber dergleichen nicht in der Nähe, so läſst man die Leitung an der Oberfläche, doch so, daſs sie die bloſse Erde berührt, mit einem etwa einen Fuſs weit abstehenden Winkel, und indem man sie zugleich in mehrere Streifen vergröſsert, aufhören, und umgiebt das Ende, damit Menschen oder Thiere nicht in unmittelbare Berührung damit kommen können, mit einem niedrigen Gitterwerke von Holz.

Fig. 220.

Diese allgemeinen Vorschriften sind von Reimarus noch mit besondern für Zeughäuser, oder andere, viel Metall enthaltende Gebäude, Kirchen, Pulvermagazine, Gebäude mit Strohdächern, Windmühlen, Krahne, Schilderhäuser, Schäferkarren, Kutschen und Reisewagen begleitet, welche von jenen nur in zufälligen Nebenumständen abweichen, und sich übrigens aus den aufgestellten Grundsätzen jedem Nachdenkenden von selbst leicht ergeben. Das Hauptaugenmerk

mufs immer auf die innigste und genaueste Verbindung aller Theile der Ableitung gerichtet seyn, wobei also besonders auf gute Vernietung und Zusammentreiben der Falzen zu sehen ist. Endlich läfst sich noch die Vorsichtsregel hinzufügen, dafs man bei der Anlegung eines Blitzableiters, wegen der möglichen Gefahr eines während der Arbeit eintreffenden Gewitters, allezeit von unten, und nie von oben an anfangen mufs.

In Ansehung der Verwahrung der landwirthschaftlichen Gebäude, die besonders allgemein im nördlichen Deutschland mit Stroh oder Schilf gedeckt sind, ist vorzüglich die Gefahr des unmittelbaren Anfalls des Blitzes auf dieselben zu berücksichtigen. Dies geschieht am besten durch eine Auffangungsstange. Zu diesem Zwecke wird an beiden Enden des Daches, wenn es keine Giebelpfosten hat, sondern abgestützt und allenthalben mit Stroh bedeckt ist, eine Unterlage von Brettern angebracht, und darauf eine 4 Fufs lange oben stumpfe eiserne Stange befestigt. Von dem hölzernen Rande an, welcher die Stange nach allen Seiten ein Paar Fufs weit umgiebt, wird ein breites Brett über das Stroh befestigt, dessen Ende noch über den Rand des vorragenden Strohs wenigstens einen Fufs weit hervorstehen mufs, und von welchem ein anderes schräges Brett zur Wand hinabgeht. Auf diesem Brette wird sodann der bleierne oder kupferne Ableitungsstreifen, der mit der Stange wohl verbunden werden mufs, angenagelt und weiter zur Erde herabgeführt. Eine gleiche Ableitung wird an dem andern Ende von der Stange aus zur Erde geführt. Dies reicht vollkommen hin, wo keine weitere Hervorragungen sich befinden, die eine Anlockung des Blitzes veranlassen könnten. Will man auch den First mit Metall versehen, so kann dieses, wo ein Paar Reihen Ziegel am Dachrücken liegen, auf gewöhnliche Weise geschehen, bei einem blofsen Strohdache, ohne Ziegelrücken mufs über die ganze Länge des Firstes ein Sattel von ein Paar Brettern wohl befestigt gelegt werden, auf deren Zusammenfügung sodann oben der Ableitungsstreifen angenagelt wird. Zur Befestigung der Bretter am Strohdache bedient man sich am besten dünner eiserner, an den Enden mit Löchern versehener Schienen, die durch das Strohdach durch- Fig. 221.

gesteckt, mit dem einen Ende an dem untern Ende des Sattels des Firstes, zu beiden Seiten eins ums andere in einem Zwischenraume von 4 Fuſs, mit dem andern aber inwendig angenagelt werden. Durch ähnliche Schienen werden die herabgehenden Bretter befestigt. Von einer solchen Metallbekleidung, die von einem Ende des Firstes zum andern reicht, darf dann nur irgendwo über die Seite des Strohdaches mittelst eines untergelegten Brettes ein Ableiter heruntergeführt werden, ohne daſs es nöthig wäre, an beiden Giebelwänden eine Ableitung anzubringen, und wenn Dachziegel auf dem First liegen, so wäre auch, wenn das Gebäude nicht zu lang ist, *eine* Stange hinreichend. An einem Bauernhause, an welchem sich auf dem First ein Schornstein befindet, muſs jedoch allemal auch dessen oberer Rand mit Blei bedeckt, und davon ein Streifen auf untergelegten Brettern bis zur nächsten, am Ende des Daches stehenden Stange, oder bis zum Ableitungsstreifen geführt werden. In den Herzogthümern Schleswig und Holstein haben sich die auf sehr vielen Wirthschaftsgebäuden, groſsen Kuhställen, Scheunen u. s. w. nach dieser, aus der Zeichnung leicht kenntlichen Vorschrift angelegten Wetterableiter in einer langen Reihe von Jahren vollkommen bewährt. *Auch bei* Pulvermagazinen findet Reimarus mit Recht keine andere Einrichtung nöthig, und dringt besonders nur auf eine Ableitung von recht groſser Capacität, auf gute metallische Bedeckung aller hervorragenden Stellen, und genaue Verbindung mit dem Hauptableiter. Wenn sich indessen in einem solchen Pulvermagazine unten oder sogar in den Kellern ein solcher Vorrath von Metall befände, daſs man ihm nicht sogleich eine andere Stelle anweisen könnte, so wäre der einzige Rath, die Ableitung gleich vom Dache an abwärts vom Gebäude zu führen und sie nicht so nahe bei demselben, daſs der Strahl nach dem unten liegenden Metalle hingelockt werden möchte, noch in einem nahen engen Brunnen, sondern, wo möglich, in einem offenen Wasser endigen zu lassen. Man könnte also etwa in der Entfernung von 10 oder mehr Fuſs einen Pfahl einschlagen, von welchem ein Brett bis zu dem Dache des Magazins hinreichte. Wenn das Magazin mit Pallisaden umgeben ist, könnte eine derselben zu diesem

Fig. 222.

Zwecke dienen. Auf dem Brette würde dann vom Dache an ein 6 Zoll breiter Ableitungsstreifen befestigt, und weiter an dem Pfahle herab fortgesetzt. Ließe sich sodann in einiger Entfernung ein Wasser erreichen, so könnte das Ende des Ableiters in einer hölzernen Röhre unter der Erde dahin geleitet werden. Wo nicht, so könnte man der Vorsicht wegen einen eigenen Graben aufwerfen, und darin die Ableitung aufhören lassen. Weniger passend ist bloß nahe an dem Pulvermagazine an einem Pfahle eine Ableitungsstange aufzurichten, da die Weite, bis zu welcher eine solche schützt, noch sehr problematisch ist. Einen Vorrath von Bomben und Granaten, wird man immer am besten in abgesandten niedrigen Gebäuden aufbewahren, welche auf die angegebene Weise gegen den Wetterstrahl zu sichern sind. Bei Schiffen muß, weil die obern Stangen durch den Mastkorb herabzulassen sind, die Ableitung von der Spitze des Mastbaums bei den Seilen seitwärts herunter geführt werden, und die Bequemlichkeit erfordert eine biegsame Zurüstung, die man abnehmen und zusammenpacken kann; dieses erhält man durch Ketten von dünnen messingenen, oder noch besser kupfernen Stangen, ohngefähr so dick als eine Schreibfeder, deren Glieder etwa eine Elle lang sind. Die Gelenke müssen aber nicht mit bloß umgebogenen Enden zusammengehaket seyen, sondern wohl in einander schließende Gewinden haben, deren eines vorwärts das andere seitwärts zu biegen wäre, weil bei geringerem Zusammenhange Funken und Anschmelzungen entstehen, welche den nahen Schiffseilen gefährlich seyn könnten. Dann muß an dem Ende der obersten Maststange eine kleine Rolle befindlich seyn, mittelst welcher, wenn ein Gewitter heran kommt, das erste oben nicht scharf zugespitzte Glied der Kette so hoch aufzuziehen ist, daß es etwa einen Fuß über die Mastspitze hervorragt. Alsdann wird der Ableiter längs dem Seile, welches die große Maststange hält, herunter geführt, und daran hie und da mit Bindstöcken befestiget, das unterste Ende der Kette aber läßt man über Bord ins Wasser hängen.

Reimarus giebt, um die Kosten eines Blitzableiters berechnen zu können, als Preise, die hierbei zum Grunde gelegt werden müßten, folgendes an:

Eine eiserne Stange 3,5 Fuſs lang mit den Federn, die zu ihrer Befestigung dienen und einer dreieckigen messingenen Spitze 6 Mark 8 Schillinge (etwa 2 Thaler 10 gute Groschen sächsisch). Sie anzuschlagen und das Dach wieder in Stand zu setzen 2 M. (19 Ggr.) Ein Streifen Blei 3″ breit und etwa 2‴ dick der Fuſs 6 Sch. (3½ Ggr.) Ein Streifen Kupfer 3″ breit am Gebäude herunter der Fuſs 7 Sch. Diesen zu befestigen mit dazu gehörigen Nägeln der Fuſs 3 Sch. Diese Preise sind in unsern Tagen noch dieselben, und der Fuſs eines solchen Bleistreifens zu 6 Sch. wiegt ein Pfund zu 16 Unzen M. G. gerechnet.

II. Ableitung von Messingdraht.

Schon Saussure empfahl statt der eisernen Stangen, unter welcher Form die ersten Ableiter alle aufgetreten waren, messingene Drähte von der Dicke einer Schreibfeder, deren drei gleichsam zu einem Stricke zusammengeflochten werden sollten. Sind sie nicht lang genug, so sollen mehrere aneinander gelöthet werden. Oben auf setzte er eine Auffangstange von 10 — 12 Fuſs. Diese Messingdrahtableiter sind aber besonders in Baiern in neuern Zeiten eingeführt worden, nachdem schon Epp in seiner im Jahre 1777 erschienenen Schrift die erste Idee und Vorschrift zu solchen Ableitern aus geflochtenem Messingdrahte gegeben hatte. Neuerdings hat v. Yelin die Blitzableiter aus geflochtenem Messingdrahte vorzüglich in Schutz genommen. Zwar haben sich gerade in Baiern selbst mehrere Fälle ereignet, wo solche Messingdrahtseile durch den Blitzstrahl in Glühezustand versetzt und in Stücke gerissen wurden, der Blitz aber sich in mehrere Strahlen theilte, und Nebenwege einschlug, ohne daſs jedoch eine Entzündung veranlaſst wurde. Indessen lag in allen diesen Fällen die Hauptschuld auſser einigen andern Versehen bei der Anlegung der Ableitung darin, daſs nicht ein hinlängliches Quantum Draht zum Ableiten gebraucht worden war. Die Drahtseile in allen diesen Fällen bestanden aus Messingdraht, wovon das baiersche Pfund zu 13 Fuſs Länge ausgezogen war. Ob nun diese Seile aus 3 stärkeren, 7 schwächern oder 10 ganz schwachen Drähten, wie die Ableiter zu Roſsstall zusammengesetzt waren, so war doch die

Oberfläche für eine hinlängliche Ableitung zu geringe. Diesen Erfahrungen zufolge dürfte nach v. Yelin für ein Messingdrahtseil etwa eine Länge von 10 baiersche Fuſs aufs baiersche Pfund als das Minimum von Stärke angenommen werden, um zu Blitzableitungsdrähten mit Sicherheit dienen zu können. Den aus mehreren dünnen Drähten von jenem Gewichte gewundenen Seilen giebt v. Yelin darum den Vorzug vor einfachen Drähten, die man von solcher Dicke nehmen könnte, und auf 10 Fuſs gleichfalls ein Pfund zu wiegen, weil man bei diesen dicken Drähten den vielfachen Erfahrungen der geschicktesten und berühmtesten Münchner Mechaniker und Künstler zufolge, niemals mit Gewiſsheit sicher seyn kann, ob sie an allen Stellen durchaus ganz sind, auch wenn sie äuſserlich keinen Fehler zeigen, daſs man aber dessen bei dünnen Drähten mehr gewiſs ist und bei mehreren Drähten einer den Fehler des andern an jeder Stelle des Drahtseils aufhebt. Die besonderen Vorzüge dieser Messingdrahtseile, doch zunächst nur in Vergleich mit den Ableitern aus Eisenstangen, findet v. Yelin in der gröſseren Leichtigkeit, während die Eisenstangen oder Schienen immer eine plumpe, Dächer und Mauern auf eine ganz unnöthige Weise beschwerende Vorrichtung sind, in der Eigenschaft des geschmeidigen Messings, leicht jede Biegung anzunehmen, welche die Vorsprünge und Ecken an einem Gebäude irgend erfordern, während die Eisenstangen nur entweder im Feuer, oder mit solcher Gewalt kalt gebogen werden müssen, daſs nicht selten Risse entstehen, welche, wie unscheinbar sie auch anfangs seyn mögen, dennoch bald Zerfressungen vom Roste zur Folge haben müssen; daſs die Messingseile von beliebiger Länge ohne alle Unterbrechung gemacht werden können, daſs sie von einem geschickten Schlosser in jedem nicht allzu weitläufigen Gebäude ohne alle besondere Zurüstung, leicht in einem Tage angemacht, leicht, und ohne besonderen Kostenaufwand nachgesehen und in gehörigem Stande erhalten werden können, von welchem allen das Gegentheil für die Ableiter aus Eisenstangen gilt; endlich daſs die Kosten der Einrichtung und Unterhaltung auch viel geringer sind. Ein messingener Ableiter aus Drahtstricken von genugsamer Dicke, nämlich von 10 Schuh Länge auf das

baiersche Pfund ausgesponnen, kostet ohne die auf Wohngebäuden unnöthige Auffangstange, und mit Einrechnung der eisernen Klammern (auf 10 Schuh im Durchschnitte eine gerechnet) bei den gegenwärtigen Messing- und Eisenpreisen 1 fl. 8 kr. bis 10 kr. für dis baiersche Ruthe von 10 Schuhen. Nach dieser Grundlage würde ein vollständiger Messingdrahtableiter für Thurm und Kirche in Roſsstall zusammengenommen nur 73 fl. 39 kr., für den Thurm allein aber, in der Linie, wie der neue Ableiter aus Eisenstangen geführt ist, keine 30 fl. gekostet haben, während letzterer 128 fl. Auslage machte. Zuletzt bemerkt v. Yelin noch, daſs unzählbare (?) Beispiele von Blitzschlägen die Unfehlbarkeit der gehörig angelegten Ableiter aus Messingseilen dargethan haben.

Alles dieses beweiset allerdings, daſs diese Art von Ableitern entschiedene Vorzüge vor denjenigen aus Eisenstangen haben, ob aber auch vor denjenigen aus Metallstreifen, bleibt fraglich. Unstreitig lassen sich diese an allen, dem unmittelbaren Anfalle des Blitzes ausgesetzten Stellen eben so gut anbringen, als jene, sie lassen sich mit den etwa nöthigen Auffangstangen nach der oben angegebenen Vorschrift in genaue und innige Verbindung setzen und durch einen Ueberzug von Oelfarbe gegen das Rosten schützen, welches durch bloſse Ueberfirnissung des Messingdrahtes nicht ersetzt wird. Man müſste daher auch diese mit Oelfarbe anstreichen, und dann lieſse sich der einzige Vorzug nur darein setzen, daſs die Messingdrähte auch des Zusammenfalzens nicht bedürfen, sondern in ganz ununterbrochener Leitung herabgehen, so daſs auch die Zusammenfalzungen wegfallen, welche durch Platzungen beim Blitzstrahle, wenn gleich in seltenen Fällen, beschädigt werden können. Ein Hauptgrund der Entscheidung über die gröſsere Brauchbarkeit der einen oder der andern Art beruhet indeſs auf der Beantwortung der Frage, ob die Elektricität durch die Metalle nach ihrer Fläche oder Masse geleitet wird, welches erst später[1] zur Untersuchung kommen kann. Uebrigens läſst sich das Technische ihrer Verfertigung leicht aus den für Metallstreifen mitgetheilten Regeln abstrahiren.

1 *S. Elektricität.*

III. Ableiter aus Eisenstangen.

Wenn wir gleich, wie schon aus dem Bisherigen zu ersehen ist, die Blitzableiter aus Eisenstangen auf keine Weise als die vorzüglichern betrachten, insbesondere wegen der grofsen Unbequemlichkeit ihrer Anlegung, der Beschwerlichkeit der Zusammenfügung der Stangen, der Unmöglichkeit, auch bei guter Ueberziehung mit Oelfarbe das Rosten zu verhindern, der dadurch entstehenden Nothwendigkeit des öftern Nachsehens und Reparirens, der viel gröfsern Kosten, u. s. w., so dürfen wir dieselben hier doch nicht ganz übergehen, da sie an sehr vielen Orten, namentlich in Würtemberg, in den österreichischen Staaten doch in gutem Credite stehen, und wir halten es daher für passend, auch zur Anlegung solcher Ableiter hier eine kurze Anweisung zu ertheilen. Unterberger hat eine solche Anweisung im gröfsten Detail gegeben, aus welcher wir das Wesentliche ausheben, und am Ende noch ein Wort über einige passende Abänderungen hinzufügen. Die Hauptheile seines Ableiters sind 1. eine *Spitzstange* 10 — 12 Fufs lang, unten dicker, nach oben verloren zulaufend und zwar unterhalb 15 — 19 Linien am obern Ende 8 — 9 Linien dick, gleichviel ob vierkantig oder rund. Oben soll sie sich in eine 3 Lin. dicke und 9 — 10 Lin. lange Schraube endigen, auf welche eine runde kupferne, sehr scharfe, 7 Zoll lange, oben in einer Länge von 3 Zoll im Feuer vergoldete, an ihrem untern Ende 6 oder 8 eckig gefeilte und daher mittelst eines Schlüssels um so fester anzuziehende Spitze aufgeschraubt wird, mit Dazwischenlegung eines bleiernen Blättchens von der Dicke eines Chartenblatts zur genauern Verbindung. Um diese Spitzstange auf den Rücken eines Dachs gehörig befestigen zu können, werden unten am Ende zwei Zurken von etwa 3 Fufs langen, 1,5 Zoll breiten und 4 Linien dicken Eisenstangen oder Radreifen dergestalt daran geschmiedet, dafs sie die Form einer Gabel erhalten, an welcher die Zurken, oben etwa 4 oder 5 Zoll, unten aber 6 Zoll von einander abstehen. Die Spitzstange wird nun auf ein Stück Eichenholz, oben von 4,5 oder 5,5 Zoll, unten 5,5 oder 6,5 Zoll im Durchmesser, auf 4 Schuhe rund, der übrige, etwa 6 Schuhe lange Theil viereckig bearbeitet, und

zwar in den obern runden Theil mit ihrer Gabel so tief eingelassen, daſs die Eisendicke der Zurken nur etwa eine Linie über das Holz vorsteht, übrigens aber gut hineinpaſst. Der untere Theil des Holzes wird mit heiſsem Peche gut überzogen, um der Witterung besser zu widerstehen, mit dem viereckigen Theile aber da, wo die Spitzstange auf das Dach zu stehen kommen soll, von innen an das Dachgesperre und die nächsten Queerbalken gut befestigt. Die Spitzstange selbst wird mittelst dreier etwa einen Zoll breiten und drei Linien dicken eisernen Reifen, die durch Hammerschläge fest angetrieben werden, an die hölzerne Stütze befestigt, welches Vorzüge vor der Befestigung mit Schrauben hat, da die Erfahrung gelehrt, daſs diese von einem ungefähren Blitzstrahl aufgerissen, und das Holz, worin sie fest staken, zerschmettert worden ist. Die Zeichnung stellt dies untere Ende einer Auffangstange dar, wie sie in ihr mit ihren Zurken c c befestigt ist. Um die Auffangstangen, wenn wegen der Länge des Gebäudes mehrere auf demselben errichtet sind, mit einander in leitende Verbindung zu setzen, dienen eiserne Stangen 12 — 13 Linien breit und 3 Lin. dick. Weil man diese gewöhnlich 8 Schuh lang bei den Eisenhändlern antrifft, so läſst man je zwei und zwei derselben mit ihren Enden gut zusammen schweiſsen. An ihren andern beiden Enden läſst man an jedem 3 Löcher 3 — 4 Lin. weit und 3 Zoll von einander abstehend durchschlagen, legt beide Enden zweier Stangen nach zwischengelegten dünnen bleiernen Blättchen übereinander, und schraubt sie vermittelst dreier Schrauben mit vierkantigen Schraubenmuttern fest zusammen. Auf diese Art werden soviel, als solcher Verbindungsstangen nöthig sind, an einander gefügt. Auf gleiche Weise wird das Ende einer solcher Verbindungsstange an die Gabelzurken der Spitzstange vermittelst der drei Schrauben a a a angeschraubt. Um an einander befestigt werden zu können, sind die Enden beiderseits etwas gebogen. Da diese Verbindungsstangen an einer Spitze zur andern auf dem First des Daches fortgeführt werden sollen, auf welchem sie sich wegen der halbrunden über Dachziegel nicht halten könnten, so legt man über den First des Daches etwa auf 15 oder 18 Schuh von einander kleine eiser-

Fig. 223.

Fig. 223.

ne Sättel, die oben auf ihrem Rande zwei vorstehende Lappen erhalten, zwischen welchen man die Verbindungsstangen einlegt, und oben einen Nagel oder Draht durchsteckt, und etwas umbiegt, damit sie nicht ausweichen können. Bei Dächern, die mit Kupfer oder verzinnten Eisenblech gedeckt sind, hat man diese Verbindungsstangen nicht nöthig, nur mufs man von der Gabelzurke der Spitzstange ein Stück von einer Verbindungsstange bis an die Oberfläche des Daches führen und mit derselben auf die obenangegebene Weise durch drei Schrauben fest verbinden. Bei Schindeldächern, auf welchen mehrere Spitzstangen sich befinden, sollen 12 bis 16 Schuh weit von einander hölzerne Stützen von 3 Zoll dicke einen Schuh hoch hervorstehen, die Verbindungsstangen darauf hingeführt, und zu beiden Seiten neben denselben ein eiserner Nagel, der noch 1,5 Zoll hervorsteht, eingeschlagen werden, damit die Verbindungsstangen nicht abweichen können. Die Ableitungsstangen, welche von den Spitzstangen abwärts geführt werden, sind von derselben Beschaffenheit wie jene Verbindungsstangen, werden an die Zurken eben so befestigt, gerade über das Dach bis auf 1 Schuh über das Ende desselben herabgeführt, über das Gesimse gebogen und an die Mauer mit eigenen Mauerhaken leicht befestigt, auf einem Ziegeldache ohne alle weitere Befestigung, auf einem Schindeldache auf hölzernen Stützen ruhend, die einen Schuh hervorstehen. Bei Dächern, die mit Metall gedeckt sind, fängt man mit der Ableitung erst am untern Rande desselben an und befestigt die Stangen auf die oben angegebene Weise an das Metall des Daches. Von dem untern Ende der Eisenstange soll man nun eine Ableitung von einer Bleistange bis zum nächsten Brunnen führen, in einen zwei Fufs tiefen Canal versenkt, weil hier das Eisen wegen des Rostens nicht anwendbar ist, und das Ende des Ableiters noch tief in den Brunnen hineingehen lassen, oder wenn kein Brunnen nahe genug ist, mit einem Erdbohrer ein Loch bohren, bis man Wasser erreicht, was in einer Tiefe von 9 Fufs gewöhnlich geschieht, und die Ableitung bis dahin führen. Hierin, so wie in der Aufrichtung so hoher Spitzstangen huldigt Unterberger noch den alten Ansichten, besonders ist aber noch gegen

Fig. 224.

seine Anweisung zu erinnern, dafs er auf einem Gebäude, dessen Länge *nicht* über 60 Schuh beträgt, eine einzige Auffangstange mit einer einfachen Ableitung für hinreichend hält, ohne den First des Daches, die obern Ecken und die Schornsteine durch Metallleitung damit in Verbindung zu sezzen, dafs er ferner bei Gebäuden, die mit Stroh gedeckt sind, die Spitzstangen und Ableitungen auf Pfählen (Mastbäumen, wie er sie nennt) neben dem Gebäude angebracht haben will u. s. w.

Die Einrichtung der Wetterableiter aus Eisenstangen, wie sie jetzt allgemein in Stuttgart gebräuchlich ist, weicht von der bisher beschriebenen in mehreren Stücken ab. Ich theile hier das Wesentliche von der mir von den Aufsehern über die Blitzableiter in Stuttgart mitgetheilten Beschreibung mit. Die Auffangstange 14—16 Fufs hoch wird bei einem Gebäude von 40 bis 50 Fufs Länge auf der Mitte des Dachs aufgesetzt, am untern Ende zwei Duodecimalzolle stark, vierkantig verjüngt geschmiedet, durch zwei 4 Schuh lange Schenkel von Radschienen-Eisen, die an diese Stange angeschraubt werden, mit den Dachsparren, deren Neigung zugleich den Winkel der Schenkel bestimmt, verbunden. An dem obern Ende wird die Auffangstange auf einer Seite 2″ lang scharf zugefeilt, und die ebenfalls 2″ lang schräg und scharf zugespitzte Kupferspitze, welche vierkantig, einen Fufs lang und am obern ganz scharf zugespitzten Ende auf zwei Zoll lang im Feuer vergoldet ist, mittelst zweier Niethen von liniendickem Draht, welcher durch die in der Stange und in der Kupferspitze befindlichen Löcher durchgeschoben wird, daran befestigt. In einer Entfernung von anderthalb Schuh von der Schraube, welche beide Schenkel mit der Auffangstange verbindet und sie festhält, bekommt die Auffangstange ein einen Viertelzoll starkes Loch, wodurch vermittelst Schraube und Schraubenmutter die beiden Ableitungsstangen a und b an die Auffangstange befestigt werden. (Fig. 225.) Ehe die Auffangstange an die Dachsparren angeschraubt wird, wird ein Blechstiefel der anderthalb Fufs lang und nach der Dicke der Auffangstange gefertigt ist, über dieselbe hergeschoben. Diese hat unten zwei 4 Zoll breite und eben so lange halb rund gebogene Lappen, welche über die beiden Hohlziegel hingelegt und mit Oelkitt befestigt wer-

ßen. Die Ableitungsstangen, die über den First des Daches hinlaufen, unterscheiden sich in ihrer Beschaffenheit und der Art der Verbindung unter einander in nichts von der oben beschriebenen Einrichtung. Die beiden am First des Hauses auslaufenden Enden werden rechtwinklig 4 Fuſs hoch aufgekröpft, und oben entweder scharf zugeschmiedet, oder mit Kupferspitzen, wie die Auffangstangen versehen. Die Befestigung auf dem Grath des Daches und am Hause herab erhalten die Ableitungsstangen durch 15 Zoll lange am untern Ende scharf zugeschmiedete, am obern Ende doppelt gelappte Tragstifte, die in den First drei Zoll tief senkrecht und in gleicher Höhe eingeschlagen, die Ableitungsstangen hinangelegt und beide Lappen oben darüber hergeklopft werden.

Die eigentliche Ableitungsstange wird von dem Orte der Versenkung X,X in gerader Richtung auf das Dach hinaufgeführt, und an den auf den First des Daches befindlichen Ableitungsstangen vermittelst eines an die Tragstifte gelappten Endes befestigt. Ueber das Dach hinunter wird sie mittelst ähnlicher Tragstifte geleitet, welche durch in die Ziegel angebrachte Löcher in die Dachsparren eingeschlagen werden. Die am Hause herablaufenden Ableitungsstangen bekommen nur 8″ lange Tragstifte, welche ebenfalls 3 Zoll tief eingeschlagen werden. Zum Schutze des untern Endes dient eine hölzerne Röhre a a. Die Versenkung selbst besteht aus einem noch 3 Fuſs in einem Graben versenkten Ende, um welches ein 4 Zoll breiter und 6 Fuſs langer, an einem Ende mit 3 eben so breiten 2 Fuſs langen Ausläufern versehener Streifen von Tafelblei gewickelt, im Graben horizontal ausgebreitet, und dieser sodann wieder ausgefüllt wird. Der Kostenanschlag für einen solchen Ableiter für ein Haus von 60′ Höhe und 40′ Länge ist folgender nach den höchsten Preisen des Eisens berechnet. Auffangstange mit 2 Schenkeln Radschienen-Eisen 60 Pfd. pr. Pfd. 18 Xr, = 18 fl. Acht Holzschrauben, um die Schenkel an den Dachsparren zu befestigen, das Stück 24 Xr, = 3 fl. 12 Xr. Eine Schraube, um die Ableitungsstangen zusammen zu schrauben, das Stück 8 Xr, = 2 fl. 56 Xr. 149 Fuſs Ableitungsstangen mit den Drahtstiften zu 112 Pfd. à 18 Xr. per Pfd., = 33 fl. 36 Xr.

Fig. 226.

Für eine im Feuer vergoldete Kupferspitze 1 fl. 12 Xr. Ein Blechstiefel 1 fl. — 16 Pfd. Tafelblei zur Versenkung 4 fl. 12 Xr. Summa 64 fl. 32 Xr.

Auch die Commissarien der Akademie der Wissenschaften zu Paris haben in ihrer Anweisung die aus Eisenstangen verfertigten Blitzableiter vor allen andern empfohlen. Sie stimmen in ihren besondern Vorschriften im Wesentlichen mit denjenigen, die wir bereits mitgetheilt haben, vollkommen überein, namentlich was die Auffangstange, die Endigung derselben in eine am äufsersten Ende vergoldete kupferne oder messingene Spitze, die Art der Herabführung des Ableiters am Gebäude selbst, die Versenkung u. s. w. betrifft. Zur Auffangstange schreiben sie eine quadratische Eisenstange vor, welche vom Fufs nach der Spitze zu in Form einer Pyramide verdünnt ist. Für eine Länge von 25 bis 27 Fufs, welche im Mittel die für gröfsere Gebäude passende ist, soll man derselben an der Basis eine dicke von 24—26 Linien, für eine Länge von 30 Fufs gar eine dicke von 28 Linien geben. Bei ihrer grofsen Länge müsse sie zur bequemern Handhabung aus zwei Stücken zusammengesetzt seyn, die zusammengeschraubt werden. Für die Eisenstangen, aus welchen der Ableiter selbst besteht, verlangen sie keine gröfsere Dicke als 7 Linien im Quadrat. In der Art der Verbindung desselben mit dem untern Theile der Auffangstange, weicht ihre Vorschrift etwas von der obigen ab, wie die Zeichnungen, die eine im Aufrisse, die andere im Grundrisse zeigen. Es ist nämlich hier die Auffangstange mit einem quadratischen Bügel eng umschlossen, der in einen Zapfen N ausgeht, welchen die Gabel M, womit die Ableitungsstange endigt, umschliefst, und darauf mit einem Bolzen befestigt ist. Unterhalb dieser Verbindung befindet sich drei Zolle vom Dache eine an die Masse der Auffangstange angeschweifste Schiene, welche bestimmt ist das längs der Stange herabfliefsende Regenwasser abzuleiten. Um diese Schiene zu verfertigen, schweifst man einen eisernen Ring an die Stange und streckt ihn darauf auf dem Ambos kreisförmig aus, wobei man seine Ränder so neigt, dafs sie einen stark abgestumpften Kegel bilden. Die Einrichtung, wie sie bei den Auffangstangen in Stuttgart ange-

Fig. 227.

Fig. 228.

Fig. 227.

bracht ist, scheint uns den Vorzug zu verdienen, da das Regenwasser sich leicht um den Rand jener Schiene herumziehen und so doch längs der Stange in das Innere einsickern kann. Auf die hinlänglich tiefe Versenkung in den Erdboden dringen die Commissarien ganz besonders. Zu diesem Behuf soll man den Ableiter am Gebäude selbst in unveränderter Richtung erst 18 — 20 Zoll unter den Boden hinabführen, dann rechtwinklich gebogen von der Mauer abwärts 12 — 15 Fuſs weit fortführen, und dann endlich in einen Brunnen oder in ein zu diesem Behuf 12 — 15 Fuſs tief in der Erde gegrabenes Loch, wenn man nämlich kein Wasser findet, sonst aber zu einer etwas geringern Tiefe versenken. Um ihn in den Brunnen hinabzulassen, soll man ihn sogar durch ein Loch in der Mauer desselben leiten, und ihn so tief hinunter gehen lassen, daſs er bei niedrigem Wasserstande wenigstens zwei Fuſs unter Wasser getaucht bleibt. Das Ende desselben soll man in zwei oder drei Spitzen auslaufen lassen, um den Abfluſs der elektrischen Materie in den Boden zu begünstigen. Wenn der Brunnen im Innern des Gebäudes ist, soll man die Mauern des Letztern unterhalb des Bodens durchbohren, und durch diese Oeffnung den Leiter zu dem Brunnen führen. Wie zweckwidrig diese Rathschläge sind, brauchen wis nach dem, was oben unter der Rubrik „Versenkung" gesagt ist, nicht weiter auszuführen. Aber zu verwundern ist es, daſs Commissarien einer Pariser Akademie so gänzlich die Erfahrungen eines Reimarus ignoriren konnten. Nur ein eigenthümlicher nützlicher Rathschlag findet sich in dieser Anweisung für diejenigen, die nun einmal von einer solchen Versenkung der Wetterableiter nicht abgehen wollen. Da nämlich das in den Boden versenkte Eisen vom Roste sehr bald zerstört werden würde, so empfehlen sie als ein Mittel dagegen die Eisenstangen in einem mit Kohlen gefüllten Raume fortzuführen. Nachdem man nämlich in den Boden einen Canal von 20 — 22 Zoll Tiefe und hinlänglicher Breite gegraben hat, legt man eine Reihe Ziegel auf den Grund, und stellt auf den Rand derselben andere aufrecht hin, nun giebt man auf die Bodenziegel eine Schicht wohl ausgebrannter Büchenkohlen von 1 — 1,5 Zoll Dicke, legt die Eisenstange oben darauf,

füllt das Ganze mit Kohlen und verschliefst es oben mit einer Reihe von *Ziegeln*. Man soll Beispiele haben, dafs ein so in Kohlen eingehülltes Eisen während 30 Jahren keine Veränderung erlitten hat. Auch das senkrechte Loch, in welches man das Ende der Eisenstangen versenkt, soll mit Kohlen vollgestampft werden. Aber wie wird bei dem Versenken des Eisens in den Brunnen das Abrosten dieses Endes verhindert?? Für Pulvermagazine rathen die Commissarien die Auffangstangen auf Mastbäumen, welche 6 bis 8 Fuſs von denselben abstehen, aufzuführen. Es reiche dann hin, den Auffangstangen eine Höhe von 6 Fuſs zu geben, aber die Mastbäume müssen eine *solche* Höhe haben, dafs sie mit ihren Spitzen über das Magazin mindestens um 12—15 Fuſs hervorragen. Sey jedoch das Pulvermagazin sehr erhöht, z. B. ein Thurm, so werde die Errichtung solcher Mastbäume mit Schwierigkeit und grofsen Kosten verknüpft seyn, um ihnen hinlängliche Festigkeit zu geben. Man könne sich in diesem Falle begnügen, das Gebäude ohne *Auffangstange* mit einem doppelten Ableiter zu versehen, welchen man alsdann von Kupfer machen könne. Ein solcher Ableiter, dessen Wirkung sich nicht über das Gebäude hinaus erstreckt, könne den Blitz nicht aus der Ferne anziehen, habe aber doch den Vortheil, das Gebäude, wenn er getroffen wird, gegen dessen Angriff zu sichern! Was wollen wir dann aber mehr mit unsern Wetterableitern erreichen? Es wird doch Niemand einfallen, den Blitz auf das Gebäude anlocken zu wollen, wie die Verf. diese Kraft den Spitzen zuschreiben, von welchen sie ausdrücklich behaupten, dafs der Blitz leichter zwischen der Wolke und diesen und auf gröſsern Abstand ausbreche, als wenn die Wetterstange in ihren Enden abgerundet ist, eine Behauptung die indessen nach dem oben angeführten nur unter gewissen Einschränkungen wahr ist. Die Commissarien der Akademie schlagen auch Drahtseile statt der Eisenstangen des Ableiters vor, und zwar soll man 15 Eisendräthe zu einem Leiter verbinden, und aus 4 dergleichen Litzen ein Seil machen, welches alsdann einen Durchmesser von 7—8 Linien besitzt. Um den Draht gegen das Rosten zu schützen, soll jede Litze besonders, und dann noch das ganze Seil fleifsig

mit Theer bestrichen werden. Dieses Seil befestigt man in Fig. der Auffangstange, eben so wie den Ableiter, d. h. man zwängt 229. es mit einem Bolzen sehr fest zwischen die beiden Ohren eines Halsbandes, welches unten an der Auffangstange angebracht ist, und eine Abänderung von der oben angegebenen Art der Verbindung der Ableitungsstange mit der Auffangstange ist. Sechs Fuſs oberhalb des Erdbodens soll das Seil mit einer Eisenstange verbunden werden, und die weitere Versenkung wie oben geschehen. Doch geben die Commissarien den Eisenstangen, weil sie viel weniger zerstörbar sind, den Vorzug. Daſs dieses nur vom Eisendrahte gelte, ergiebt sich von selbst [1].

IV. Neuere Einwendungen gegen die Grundsätze, nach denen die unter I—III beschriebenen Blitzableiter eingerichtet sind.

Gegen die unter I—III angegebene Anlegung und Einrichtung der Gewitterableiter, und die Grundsätze, auf welche sie sich stützt, hat Bodde [2] in Münster mehrere Zweifel erhoben, und behauptet, daſs die neuern Blitzableiter insgesammt höchst fehlerhaft wären. Seine Grundsätze entwickelte er noch weiter in einem Gutachten über einen in Vorschlag gebrachten Blitzableiter an dem Domthurme in Paderborn [3]. Er beginnt dieses Gutachten mit folgender Bemerkung: „daſs sich der Blitz bei Gewittern „nicht so, wie manche Physiker es lange geglaubt haben „und noch glauben, in willkührliche Fesseln bringen lasse, „davon hat er uns schon viele, meistens unbeachtete, auch „wohl übel verstandene Beweise gegeben, und einen solchen „noch neuerlich am 11ten Januar 1815 in unserer Nähe (in „Düsseldorf und Dortmund) verständlich genug wiederholt". Aber gerade diese beiden Beispiele sind von Bodde sehr

1 Noch einige andere nicht zweckmäſsige Vorschläge, z. B. von Lampadius bei G. XXIX. 60. welcher eiserne, in einander geschrobene Röhren zu Blitzableitern zu nehmen räth, oder sonstige, nicht wohl ausführbare Sicherungsmaſsregeln, wie z. B. in Höpfner's Mag. für die Naturkunde Helveticus II. 13. u. a. übergehen wir mit Stillschweigen.

2 Grundzüge zur Theorie der Blitzableiter. Münster 1809. 8.

3 G. LI. 80.

unglücklich zur Begründung seiner Einwürfe gewählt, da der Fall in Dortmund auf das Einleuchtendste bewiesen hat, wie sehr es in unserer Gewalt steht, die Bahn des Blitzes willkührlich in horizontaler Richtung, aufwärts, abwärts u. s. w. durch eine gute metallische Leitung zu bestimmen, und bei dem Einschlagen in den Lambertsthurm zu Düsseldorf zündete der Blitz gerade da, wo er auch nach den von Bodde aufgestellten Grundsätzen am geradesten zu seinem Ziele geführt wurde. Nach der vorangeschickten allgemeinen Bemerkung, daſs das Wesen des Wetterschlages in einem Entgegenstreben der beiden entgegengesetzten Elektricitäten, des + der Wolken und des — der Erde zur wechselseitigen Ausgleichung bestehe, und daſs zwei entgegengesetzte Kräfte die Richtung des Entgegenstrebens eben so gewiſs als zwei Puncte eine gerade Linie bestimmen, daſs die elektrische Spannung in zwei entgegengesetzten Flächen oder besser Sphären befangen sey, daſs erst bei eingetretener Schlagweite der Durchbruch an dem wenigst abstehenden und bestleitenden Puncte erfolge, und die Mitbefangenheit (sic) sich zur Ausgleichung nach diesem Puncte ergieſse, daſs endlich die elektrische Entzweiung, worin Atmosphäre und Erde befangen sind, sich nach dem Maſse der Leitungsfähigkeit und der Capacität mittheile, und daſs bei der Entladung die Ausgleichung nicht bloſs zwischen Atmosphäre und Erde erfolge, sondern daſs auch die Gegenstände über der Erde nach der Gröſse ihrer Mitbefangenheit daran Theil nehmen, stellt er als die zwei Aufgaben, die bei allen Blitzableitern zu lösen sind, auf: a. *daſs die Ausgleichung oder Entladung zwischen Atmosphäre und Erde durch gute Leiter bewirkt*, noch mehr aber b. *daſs vorgebeugt werde dem elektrischen Mitbefangenseyn der zu schüzzenden Gegenstände über die Erde.*

Was den ersten Punct betrifft, so leitet er aus einer ganz willkührlichen Construction, deren Unanwendbarkeit näher nachzuweisen wir hier überhoben seyn können, da eine Menge von Erfahrungen über Wetterschläge sie de facto widerlegen, folgende Regeln ab: 1. Man gebe dem Blitzableiter eine Lage, die mit der Richtung der elektrischen Entgegenstrebung zusammenfällt, zwischen Wolke und

Erde, d. i. eine lothrechte, und wo dieses nicht ausführbar ist, gebe man 2. dem schiefen Ableiter schiefe Zuleiter unter den nämlichen Winkeln (welchen, frägt Gilbert in seiner Kritik mit Recht) und in der nämlichen Ebene. Man begreift, wie verwerflich Bodde es dieser Regel zufolge finden mufs, zweien und mehreren von einander entfernten Auffangspuncten nur eine einzige Ableitung zu geben, und die Auffangspuncte in allen Arten von Richtungen mit einander und den Ableitern zu verbinden. Ueberflüssig und täuschend seyen alle wagrechte Leiter in dieser Lage, so lange das Entgegenstreben senkrecht ist. Die Spuren der Zerstörung nach einer Entladung hätten uns dies von jeher lehren können. Untersuchen wir diese (fährt Bodde fort) etwas genauer, so finden wir immer, dafs der Blitz, so lange die elektrischen Entzweiung zwischen Wolke und Erde bestand, nie guten Leitern in wagrechter Lage gefolgt ist, wohl aber, dafs er solche gewählt hat, die eine, wenn auch nur etwas abwärts geneigte Lage hatten (der Fall des Blitzstrahls, der auf die Dortmunder Kirche fiel, ist schon allem dem Obigen zufolge ein hinlänglicher Beweis gegen diese Behauptung, und um so mehr, da es hier nicht einmal an einem gerade herabführenden Wetterableiter gefehlt hätte). Bodde beruft sich sogar auf die ähnlichen Gesetze bei der Entladung einer elektrischen Verstärkungsflasche oder Batterie. Aber gerade diese liefern durchaus entgegengesetzte Resultate, da man die Entladung von der innern Belegung nach der äufsern auf jedem beliebigen Umwege führen kann, wenn derselbe nur aus sonst recht guten Leitern besteht.

Was die zweite Aufgabe, die bei den Blitzableitern zu lösen ist, betrifft, so meint Bodde, dafs die nach dem obigen Grundsätzen angelegten Blitzableiter nicht im Stande seyen, die Gebäude, die mitbefangen sind, vor der Theilnahme an der Entladung zu schützen. Sie dienen höchstens nur zur Ausgleichung der elektrischen Spannung, in so weit diese noch zwischen Wolke und Erde für sich besteht, wobei aber offenbar das Gebäude nach der Gröfse des Mitbefangenseyns einer Theilnahme an der Entladung blofsgestellt bleibt. Hierzu kommt, dafs ein, in elektrischer Entzweiung mitbefangenes Gebäude in seinen Theilen meistens eine

ungleiche Leitungsfähigkeit hat. Die dadurch nothwendig gewordene ungleiche Vertheilung der Elektricität verursache somit auch in dem Gebäude selbst bei einer Entladung theilweise Ausgleichungen, die sowohl dem Gebäude selbst als dessen Bewohnern gefährlich werden können. Um also durch Blitzableiter Schutz zu erhalten, müssen wir dieselben so anlegen, dafs der ganze, der Erde zugekehrte Pol der elektrischen Spannung durch Zuleiter von unten her heraufgerückt werde, so dafs der Indifferenzpunct des Entgegenstrebens über dem Gebäude zwischen dem äufsersten Pole des Zuleiters und der elektrischen Wolke hervortrete. In der Wirklichkeit werde es immer schwer seyn, das Gebäude in seinen einzelnen Theilen von der Mitbefangenheit zu befreien, wir müssen uns begnügen, durch gute Leiter von unten her der elektrischen Spannung in Gebäuden so weit vorzubeugen, dafs bei einer Entladung keine gefährlichen Durchbrüche in demselben entstehen können. Ueber die Anzahl und Capacität der zu jenem Zwecke nöthigen Zuleiter von unten her müsse die Erfahrung entscheiden. Es dürfe aber als wahr angenommen werden, dafs mit der Anzahl zweckmäfsig angelegter Zuleiter die Sicherheit wachse. Bei einem mittelmäfsigen Gebäude möchte es hinreichen, die Zuleiter zu den mit Metall bewaffneten, am meisten erhöhten und hervorragenden Ecken und zu den Stellen zu führen, wo der Blitz etwa schon früher eingeschlagen habe. Bei gröfseren Gebäuden werde man leicht veranlafst werden, mehrere Zuleiter anzubringen. Damit die Entladung von einem Puncte aus geschehe, sollen alle Zuleiter oben in leitende Verbindung mit einander gebracht werden. Die Antwort auf diese Einwendungen gegen die von uns in Schutz genommene Einrichtung der Blitzableiter liegt im Wesentlichen schon in den durch eine so grofse Masse von Erfahrungen fest begründeten Gesetzen der Leitung und Bahn des Blitzes, wie sie in dem vorigen und in diesem Artikel aufgestellt sind. Auch hat GILBERT[1] in seinen Gegenbemerkungen die Unhaltbarkeit der Bedenklichkeiten Bodde's treffend nachgewiesen. Der Grundbegriff einer Entgegenstrebung der Elektricitäten der Wolke und Erde im

1 Annalen LI. 93 flgd.

Allgemeinen, von welchem Bodde ausgeht, erschöpfe, bemerkt Gilbert richtig, die Sache nicht, vielmehr entrücke er der Betrachtung den Punct, auf welchen es hauptsächlich ankomme. In unsern Versuchen mit elektrischen Entladungen geschieht die Ausgleichung nicht auf dem kürzesten Wege, sondern *immer auf dem Wege des mindesten Widerstandes*, und auf diesen Widerstand habe ohne *Vergleich* mehr Einfluſs das Leitungsvermögen des Zwischenraumes als die Kürze des Weges. Das Eigenthümliche, was in Beziehung auf die Ausgleichung der entzweiten *und sich einander* entgegenstrebenden Elektricitäten vor allem in Betracht kommt, ist, daſs die Körper der Verbreitung der Elektricität einerseits längs ihrer Oberfläche, andererseits durch sich hindurch mit ausnehmend verschiedener Kraft *widerstehen*. Ueberall äuſsern sich bei einer elektrischen Ladung an den beiden entgegengesetzt geladenen Flächen Bestreben zur Ausgleichung, und nach allen Richtungen *hin streben die beiden Elektricitäten* zu entweichen. (Dies gilt doch nur von der nicht ganz gebundenen Elektricität auf derjenigen Seite, von welcher die Ladung ausging, und *insofern allerdings von der Elektricität* der Wetterwolke.) Der Durchbruch geschehe endlich auf der Stelle und dem Wege des mindesten Widerstandes, oder *an mehreren Stellen* und *auf mehreren* solchen Wegen zugleich, wenn diese im Widerstande von einander nicht sehr verschieden sind; dabei folgt aber der Entladungsstrom den Metallen, (den *besten Leitern, mit denen wir etwas zu thun zu haben pflegen*) willig nach allen Richtungen, *horizontal* und selbst *aufwärts*, um *dann* wieder abwärts zu gehen, ist nur auf dem ganzen Wege der Widerstand *zusammengenommen* merklich kleiner, als auf jedem andern Wege. Fast bei jedem Blitzstrahle, der ein Gebäude trifft, finden wir, daſs der Blitzstrahl horizontalen Drähten längs Decken bis auf bedeutende Weiten *gefolgt* ist, (wobei wir an einen der merkwürdigsten Fälle dieser Art, den Reimarus in seiner ersten Abhandlung S. 134 anführt, erinnern, wo der Blitz in 7 Zimmern, welche voll von Menschen waren, an allen vergoldeten Leisten der *Tapeten* und an einem *mit* Gyps bekleideten, mit *Stanniol* überzogenen und überfirniſsten Kreis an der Decke seinen weit ausgedehnten Weg genommen hatte,

ohne irgend Jemand zu beschädigen, einer Menge ähnlicher Fälle zu geschweigen). Je kürzer unter übrigens gleichen Umständen der Leiter sey, desto besser sey die Leitung, und nur defshalb, scheine es, sey die senkrechte Lage des Blitzableiters jeder andern vorzuziehen. Was das zweite Erfordernifs, welches Bodde an einen guten Blitzableiter macht, nämlich die Mitbefangenheit des Gebäudes in die Entzweiung durch hinlängliche Zuleiter zu beseitigen, betrifft, so meint Gilbert, dafs die ganze Vorstellung, worauf dasselbe beruht, dem nicht entspreche, was wir von dem elektrischen Entladungsschlage durch Versuche wissen. Sey die Leitung von hinlänglicher Capacität, so geschehe die Ausgleichung, so weit sich jene erstreckt, unsichtbar und gefahrlos für alle benachbarte Körper, nur da, wo Nichtleiter zu durchbrechen sind, finden die zerstörenden Wirkungen der Entladung statt, und sey dieses in der ganzen Ausdehnung des Entladungsstromes der Fall, und nicht blos in dem sogenannten Indifferenzpuncte. Ein zu dünner Draht, durch den man die Entladung hindurchführe, schmelze nicht blofs in diesem, sondern in seiner ganzen Länge, und zerstiebe bei einer gewissen Stärke der Ladung ganz und gar in geschmolzene Kügelchen. Der Stadtrichter Hindersen[1] bemerkt gegen Bodde, dafs der sogenannte Indifferenzpunct zwischen den entgegengesetzten Spannungen sich nicht in der Mitte zwischen der Fläche des Erdbodens und der Spitze des Blitzableiters befinde. Diese Spannung sey allen auf der Erde befindlichen Gegenständen gemeinschaftlich, und sie werde in demjenigen Puncte, welcher der Gewitterwolke am nächsten ist, concentrirt. Man habe also diesen Indifferenzpunct zwischen der Spitze der Auffangstange und der Gewitterwolke zu suchen. Uebrigens komme es bei der gefahrlosen Ableitung nach dem Entladen nur auf eine ununterbrochene Strecke von hinlänglich guten Leitern an. Unstreitig ist erstere Bemerkung ganz richtig, da in der Spitze des Ableiters, wo das — E am meisten angehäuft ist, das 0 nicht liegen kann. Die Zuleiter von unten her, auf welche Bodde dringt, hält Hindersen unter gewissen Umständen sogar für nach-

---

1 G. LI. 453.

theilig. Man habe nämlich schon Fälle beobachtet, in welchen der Erdboden positiv und die Gewitterwolke negativ elektrisch gewesen sind. In einem solchen Falle werde aber eine Explosion durch einen untern Zuleiter erleichtert und befördert werden, weil dadurch ein gröfserer Andrang der positiven Elektricität nach dem der Wolke am nächsten stehenden, folglich gefährlichsten Puncte bewirkt werde. Dieser Einwand scheint uns indessen ganz grundlos, denn wenn auch die positive Ladung der Erde als eine abgeleitete von der Wolke, die allein freie Spannung hat, während jene volkommen latent ist, zu betrachten wäre, so wird auch hier die erste Entladung von der Wolke ausgehen. Ueberhaupt kann man als Grundsatz aufstellen, dafs jede Ableitung, die gegen die Zerstörungen des Blitzes in der Richtung abwärts schützt, auch gleichmäfsig in der Richtung aufwärts schützen müsse, da die Metalle ihr Leitungsvermögen in allen Richtungen gleichmäfsig zeigen. Unsers Dafürhaltens bleibt der Hauptirrthum Bodde's immer der, dafs er dem Streben nach Ausgleichung die lothrechte Richtung anweist, was gegen alle Erfahrung bei künstlichen elektrischen Versuchen und bei Gewittern streitet.

Was die Mitbefangenheit eines Gebäudes und der Gegenstände in demselben in die elektrische Entzweiung und die Nothwendigkeit eines besondern Schutzes gegen dieselbe betrifft, so wird jene immer nur einen höchst unbedeutenden Theil der ganzen, durch die Atmosphärenwirkung der Gewitterwolke bewirkten Ladung ausmachen, welche letztere sich vorzüglich auf die Oberfläche der Erde bezieht, welche durch einen einfachen Zuleiter von hinreichender Capacität stets ihre vollkommene Ausgleichung, wie die Erfahrung lehrt, findet. So wenig jemals ein Haus, die Gegenstände in demselben, seine Bewohner, Schaden gelitten haben, wenn in das zunächst angränzende der Blitz eingeschlagen hat, ungeachtet jenes Haus doch gewifs in eben so grofser Mitbefangenheit durch die über beide als gleichmäfsig schwebend anzusehende Wolke sich befunden haben müfste, als das Haus, welches vom Blitzstrahle unmittelbar getroffen wurde, so wenig kann man die Beschädigungen, die sich in dem Letzteren ereignen, von der Mitbefangenheit desselben herleiten,

vielmehr muſs alles dem Blitzstrahle selbst und seiner unvollkommenen Leitung zugeschrieben werden. Höchstens hat man in solchen Fällen kleine überspringende Fünkchen gesehen, auf die wir in der Rubrik des Rückschlags im vorigen Artikel hingewiesen haben.

V. La Postolle's Strohseilableiter.

Ein Windbeutel und Ignorant zugleich, der Apotheker des Königs von Frankreich, La Postolle[1] erdreistete sich, alle Physiker der Unwissenheit zu beschuldigen, daſs sie die Metalle als vorzügliche Leiter der Elektricität bisher angesehen hatten, und greift zugleich die bisherige Blitzableitungskunst, die auf diesem Grundsatze beruht, an, wogegen er die Welt mit der Entdeckung eines ganz neuen, höchst einfachen und wohlfeilen Blitzableiters, nämlich der Strohseile, die ihm zufolge die allertrefflichsten Leiter der Elektricität seyn sollen, beschenkt. La Postolle läſst es nicht an Versuchen fehlen, um seine vermeintliche Entdeckung zu begründen. *So erzählt er*[2] A. *daſs ein dem elektrisirten ersten Leiter einer* Elektrisirmaschine genäherter Finger einen Funken erhalte; B. daſs, als er sich eines Stückes Metall oder eines Schlüssels bediente, die er in der Hand hatte, die Elektricität gleichfalls in Form eines Funkens übergegangen sey. Da nun ein vollkommener Leiter nur derjenige sey, der die elektrische Flüssigkeit aufnimmt, und zu einem andern, der gleichfalls ein Leiter ist, fortleitet, ohne daſs sich hierbei irgend eine Lichterscheinung oder ein Geräusch zeige, so folge hieraus, daſs der Schlüssel kein guter Leiter sey. Einen fernern Beweis von dem unvollkommenen Leitungsvermögen der Metalle findet La Postolle in den Lichterscheinungen, die man an den Spitzen der gewöhnlichen Blitzableiter sieht, wenn Gewitter über sie wegziehen. Eine groſse Anzahl von Versuchen haben ihm bewiesen, daſs Seile von Lindenbast, aus Hanf, vorzüglich aber aus Stroh, wenn sie vollkommen trocken sind, dem Blitze zur leichtesten und sichersten Ableitung dienten. *An einem mit einer Spitze*

---

1 Ueber Blitz- und Hagelableiter aus Strohseilen. Von La Postolle. A. d. Fr. Mit einer Abbildung. Weimar 1821. 8.

2 a. a. O. S. 27 u. 28.

versehenen 15 Fuſs langen Strohseile zeigte sich nach La Postolle's Angabe kein Lichthof an der Spitze und kein Funken an seinem den Erdboden berührenden Ende, nur die Divergenz der Goldblättchen eines an ihn gehaltenen Elektrometers zeigte die durchgehende Elektricität an; sie wurde aber in groſsen Funken sichtbar, als man eine an das Ende angebrachte Metallkugel durch einen Auslader mit der Erde verband und so entlud. Mit einem 7 bis 8 Zoll langen Strohseile von beliebiger Dicke soll sich jeder Conductor und jede stark geladene elektrische Batterie auf einmal vollständig ohne Lichterscheinung und Erschütterung für den Auslader entladen lassen, und durch ihn soll sich die Elektricität sogleich mit dem Erdboden ins Gleichgewicht setzen, ohne sich den andern Personen, die mit ihm einen Kreis bilden, mitzutheilen. Die Strohseile sollen diese merkwürdige Eigenschaft in solchem Grade besitzen, daſs der Mensch, welcher als ein schlechter (?) Leiter leicht (!) vom Blitze getroffen werden könne, vor jeder Gefahr geschützt sey, wenn er ein acht Zoll langes Stück eines Strohseils in der Hand halte (!!). Da nun auch Risse, Brüche, durch Fäulniſs entstandene schadhafte Stellen das vollkommene Leitungsvermögen eines solchen Strohseils nicht im mindesten schwächen sollen, so verdienen solche Strohseilableiter den metallischen bei weitem vorgezogen zu werden. Ein solches Strohseil müsse 15 Linien im Durchmesser haben, und aus vier Strängen bestehen, wovon jeder aus 4 Streifen zusammengesetzt ist; das Ganze wohl zusammengedreht gäbe ein hinlänglich festes Seil. Diese Strohseile werden nun an 20 Fuſs hohe hölzerne Stangen von weichem Holze, die oben mit einer Spitze von hartem zähen Holze endigen, angebracht, und an einigen Stellen durch Bänder von Kupferdraht befestigt, und das untere Ende dieser Stangen hinlänglich verdünnt, um an den Giebel des Hauses durch drei hinlänglich lange Nägel ordentlich befestigt zu werden, für eine weitere Ableitung an der Wand des Hauses aber keine Sorge getragen, weil das Stroh die merkwürdige Kraft hat, der elektrischen Materie und so auch dem Blitze selbst die Eigenschaft zu ertheilen, ohne Nachtheil, ohne Erschütterung, ohne Lichtentwickelung die Materie, woraus das Gebäude besteht, bis zur Erde zu durch-

laufen. Am Ende äufsert La Postolle noch, dafs solche *Strohableiter* in einer Höhe von 18 — 20 Fufs in Menge in solchen Gegenden, wo Hagelwetter ziehen, aufgerichtet, und als Elektricitätseinsauger und Vernichter den Hagelschlag abwenden würden, und es ist sogar auf der angehängten Kupfertafel eine Konterfey eines solchen mit vielen Spiefsen versehenen Ackerfeldes zu schauen.

Solcher Unsinn, wie er jedem auch nur mit den ersten Elementen der Elektricitätslehre bekannten Laien sogleich in die Augen springt, schien kaum einer ernstlichen Prüfung und Widerlegung werth[1]. Indessen da die Sache einen Gegenstand von so hohem und allgemeinem Interesse betrifft, da die Laien durch so dreiste Behauptungen leicht irre geführt werden, da man der Schrift La Postolle's durch eine deutsche Uebersetzung, die freilich besser unterblieben wäre, gleichsam eine Art von Sanction ertheilt hat, so war es eine nicht unverdienstliche Bemühung, dafs Müller und Hofmann in Breslau die sogenannten Versuche La Postolle's wiederholten und den etwa hierbei statt findenden Quellen des Irrthums nachspürten. Sie fanden dann[2]: Erstens, dafs Strohseile aus Halmen, die ihrer Länge nach über einander gebunden sind, die Elektricität in gröfserer Entfernung als metallische Spitzen einsaugen (ob dies auch bei Anwendung von Metallspitzen von gleicher Feinheit und in gleicher Anzahl sich so verhalten würde, ist uns sehr zweifelhaft,) auch wenn ihr Zusammenhang in der Länge Zollweit durch einen leitenden Körper unterbrochen ist, dafs sie aber nur auf einem kleinen Umkreise des Punctes des Cylinders und des Conductors der Maschine, gegen den sie gerichtet werden, die Elektricität entziehen, und zwar nur langsam und unvollständig. Zweitens dafs an den Halmspitzen sich auch Lichthöfe wie an Metallspitzen zeigen, und sich die Elektricität auch mit einem knisternden Geräusch, also mit Widerstand in ihnen fortpflanzt. Drittens dafs Strohseile nur durch langsames Annähern und oftmaliges beharrliches Berühren

1 Die Erfindung wurde sogleich als durchaus nichtig verworfen durch das *französische Institut*. S. *Ann. de Ch. et P.* 1821.

2 Schlesische Provinzialblätter vom Jahr 1821 IIItes St. S. 259 und daraus in G. LXVIII. 218. 219.

mehrerer Stellen geladene Flaschen und noch unvollständiger geladene Batterien, wiewohl ohne Mittheilung eines Schlags entladen und beide sich auch dann laden lassen, wenn die äufsere und innere Belegung mit Strohseilen verbunden sind, woraus sich dann klar ergiebt, dafs Strohseile, weit entfernt gute Leiter zu seyn, vielmehr unter die Kategorie der Halbleiter, und zwar den eigentlichen Isolatoren näher als den Leitern stehend, gehören. Dies bestätigt sich auch noch dadurch, dafs der Mechanicus Klingert sogar den Funken des Conductors über ein, demselben entgegengehaltenes, Strohseil, das eine metallene Handhabe hatte, von einem Ende zum andern wegspringen sah. Nach allem diesen sind also Strohseile zu Blitzableitern für ganz untauglich zu erklären, was freilich auch schon zum voraus aus den nicht seltenen unglücklichen Fällen von Entzündung von Strohdächern durch den Wetterstrahl entnommen werden konnte.

VI. Beseitigung einiger Einwürfe gegen Blitzableiter und allgemeine Bemerkungen über den Schutz, welchen sie gewähren können und über die nöthige Aufsicht darüber.

In dem Zeitpuncte, als Gewitterableiter noch eine ganz neue Sache waren, hat man diese so nützliche Erfindung mannigfaltig bestritten, wie denn jede Neuerung in der Anhänglichkeit an das Alte immer ihre Widersacher findet, und Neid und Mifsgunst dem Erfinder so lange wie möglich durch die Herabsetzung der Erfindung selbst sein Verdienst streitig machen. Aufser dem sehr unphilosophischen Einwurfe, dafs es unerlaubt sey, uns den gerechten Schickungen einer höhern Macht zu entziehen, welchen Lichtenberg in Gotha[1] zureichend beantwortet hat, ist gegen die Blitzableiter noch folgendes eingewandt worden: die Anstalt sey zu gering und unvermögend, um so grofsen Wirkungen zu begegnen; die hohen Stangen möchten mehr Wetterwolken herbeilocken und mehr Schläge erregen, oder benachbarte Gebäude in Gefahr setzen; die Weite, auf die sich der Schutz erstrecke, sey

1 Verhaltungsregeln bei nahen Donnerwettern; in der Einleitung.

gering, und sichere kaum ein mäfsiges Haus völlig; der Blitz könne im Boden wieder ausbrechen; man werde ihn besser durch Nichtleiter und Vermeidung alles Metalls abhalten; es werde doch die Möglichkeit eines Schlags und der Schrekken darüber nicht vermieden u. s. w. Alle diese Einwürfe, die theils ganz falsche oder übertriebene Begriffe von dem Zwecke der Ableiter verrathen, theils den Erfahrungen entgegen sind, theils nur besondere Einrichtungen der Wetterableiter treffen, beantworten sich schon von selbst aus der bisherigen Darstellung der Sache und sind schon früher von Reimarus[1] gründlich widerlegt worden. Nollet's[2] Ausspruch: Je persiste à dire que le projet d'épuiser une nuée orageuse n'est pas celui d'un Physicien. Laissons donc tonner et fulminer, comme nous laissons pleuvoir, ist dieses sonst verdienstvollen Physikers ganz unwürdig. Sein Ansehen hat dennoch den Fortgang der guten Sache in Frankreich und andern Ländern in etwas aufgehalten, bis die neueren Erweiterungen unserer Kenntnisse in der Elektricitätslehre, die Menge der Schriften zu Gunsten der neuen Erfindung und das Beispiel der Grofsen das ehemalige Vorurtheil überwunden, und diese wohlthätige Anstalt vervielfältigt haben. In der Kurpfalz hat sich Hemmer[3] durch Einrichtung vieler Ableiter ein vorzügliches Verdienst erworben, und Landriani in einer schon 1785 herausgegebenen Schrift über die Blitzableiter stellt ein zahlreiches Verzeichnifs von errichteten Ableitungen aus mehreren Ländern auf, welches deutlich zeigt, wie sehr man sich schon damals aller Orten von der Nothwendigkeit und dem Nutzen solcher Anstalten überzeugt fühlte. Seit dieser Zeit haben sich dieselben noch ungemein vervielfältigt, durch Reimarus Bemühungen in Hamburg und den zunächst angränzenden Ländern, den Herzogthümern Holstein, Schleswig, Mecklenburg, dem Königreich Hannover, und besonders sind Kirchthürme und ähnliche öffentliche Gebäude in Deutschland fast allenthalben damit versehen.

---

1 Erste Abhandlung vom Blitze Cap. 13.

2 Mém. de Paris 1764 p. 440.

3 Histor. et Comment. Acad. Theod. Palat. Vol. IV. Phys. p. 1—85.

Um den Werth derselben gehörig zu schätzen, mufs man den wahren Zweck ihrer Anlegung nicht aus den Augen verlieren. Man ist jetzt allerdings ganz von der Idee zurückgekommen, durch ihre Hülfe die Gewitterwolken selbst zu entkräften und den Blitz zu verhüten; um so gewisser kann man aber durch sie, wenn sie nur zweckmäfsig angelegt sind, den Anfall desselben auf Gebäude u. s. w. unschädlich machen. Wenn in einzelnen wenigen Fällen Gebäude gegen das Einschlagen des Blitzes mit Zerstörung, Entzündung u. s. w. durch Blitzableiter nicht gesichert waren, so können wir mit der gröfsten Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dafs in der Ableitung selbst noch irgend eine Unvollkommenheit war. Bei einigen der früheren Fälle, wie z. B. den von Heckingham, Purfleet, lag offenbar der Fehler darin, dafs man den Auffangstangen eine zu grofse Wirksamkeit zutraute. Bei dem Einschlagen des Blitzes in den Thurm zu Düsseldorf und der dadurch veranlafsten Entzündung war es allerdings nicht mit Sicherheit auszumitteln, wo eigentlich die Schuld gelegen hatte. Benzenberg sieht es als einen möglichen Fall an, dafs der Blitz dem angefaulten Holze der Königsstange, auf welcher die eiserne Helmstange, die zugleich zur Ableitungsstange diente, von Aufsen aufgesetzt war, nachlief, und als er am gesunden nicht weiter konnte, nun auf den vielleicht einen Fufs von ihm entfernten Ableiter absprang. Da die Helmstange in einer Länge von 15 Fufs mit einem bleiernen Mantel umgeben war, der mit den Ableitungsstreifen an den 8 Kanten der Thurmspitze in Verbindung stand, so müfste man annehmen, dafs diese Verbindung nicht innig genug gewesen sey, und doch mochte auch in diesem Falle die Anlockung auf diesen Weg grofs genug gewesen seyn, um nicht einem so schlechten Leiter, wie das Holz war, zu folgen. Der Blitz traf hier zuerst auf die Schwanzfedern des kupfernen Hahnes und schmolz hier eine Scharte von etwa einem halben Zoll aus. An dieser Scharte fand man sogar noch ein geschmolzenes Kügelchen. Konnte die Entzündung der hölzernen Stange nicht von dem herabgeflossenen glühenden Metall hergerührt haben? Liefert also dieser Fall nicht einen neuen Beleg zu der Gefahr von zu dünnen und zugespitzten Ableitern? Diese Schwanzfeder war nämlich von Kupfer nur

etwa $0''',7$ dick, übrigens vergoldet. In dem zweiten Falle von Dortmund ward eine Unvollkommenheit der Ableitung deutlich *nachgewiesen*. Die Bleirinnen bestanden nämlich aus verwittertem Blei, und hier hatte der Blitz Platzungen hervorgebracht. In dem dritten Falle, den wir schon oben nach der Mittheilung Trechsels erwogen haben, konnte die Schuld allerdings an dem Ableiter gelegen haben. Die hintere Ecke des Gebäudes, welche der Blitz allen Umständen nach zu schliefsen, getroffen hatte, war nämlich nicht gehörig mit Metallstreifen, die mit dem Ableiter selbst in Verbindung gesetzt gewesen wären, verwahrt worden. Man kann also daraus nur den Schlufs machen, dafs eine auch ziemlich hohe Auffangstange doch nicht auf 16 Fufs in allen Fällen sichert. Von einem mit Zerstörung und Entzündung verbunden gewesenen Einschlagen des Blitzes in Häuser, deren Blitzableiter ganz nach der unter I angegebenen Vorschrift eingerichtet waren, ist mir kein Beispiel bekannt geworden. Selbst aber auch in denjenigen Fällen, wo der Blitzableiter keine ganz vollkommene Ableitung gewährte, indem er durch den durchfahrenden Blitz selbst theilweise zertrümmert wurde, ward meistens das Gebäude gegen sonstige Beschädigungen geschützt, indem auch alsdann die Hauptmasse der Elektricität ihren Weg aufsen längs dem Ableiter genommen hatte. Zu wünschen wäre es freilich, dafs diese wichtige Sache unter die Aufsicht des Staats gestellt würde, wie es an einigen Orten z. B. in Stuttgart der Fall ist, wo eine eigene Commission jährlich die Blitzableiter nachsieht, auch auf keinem Hause Blitzableiter anders, als unter ihrer Aufsicht errichtet werden dürfen, wäre es auch nur, um zu verhüten, dafs nicht Unglücksfälle, die von einer schlecht eingerichteten oder schlecht unterhaltenen Ableitung abhängen, zum Nachtheile dieser so wohlthätigen Erfindung fälschlich gedeutet werden können[1]. *P.*

---

1 Aufser den schon im Artikel selbst angeführten Schriften verdienen noch folgende verglichen zu werden: Betrachtungen über die Gewitterableiter von Barbier de Tinan in den Leipziger Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte II. Bd. 2te St. S. 210 flgd. Die Kunst, Thürme und andere Gebäude vor den schädlichen Wirkungen des

Blitzröhren.

Fulgurit, Blitzsinter, Kieselsinter[1]; Fulgurit, Astrapyalith; *Ceraunianssinter*, *Vitreous Tubes*; sind röhrenförmige Gebilde, durch den Blitz aus Sande in Folge einer Schmelzung oder Verglasung entstanden. Die erste Aufmerksamkeit auf diese merkwürdigen Erzeugnisse des mächtigen Elementes erregte Henzen[2], welcher sie in den Sandhügeln der Senner Heide in Westphalen auffand, und nebst Blumenbach[3] sogleich für Producte eines Blitzschlages erklärte. Nachher sind dieselben an verschiedenen Orten aufgefunden und in ihrem ganzen Verhalten untersucht durch Fiedler, welchem wir in der nachfolgenden

---

Blitzes durch Ableitungen zu bewahren von J. J. von Felbiger. Breslau 1774. 8. Landriani dell' utilità dei conduttori electrici. Milano 1785. 4. Abhandlung über den Nutzen der Wetterableiter aus dem Italienischen mit Zusätzen und Kupfern. Wien 1785. gr. 8. Hemmer Anleitung, Wetterableiter an allen Gattungen von Gebäuden auf die sicherste Art anzulegen. Offenbach am Main 1786. 8. Busse Beruhigung über die neuen Blitzableiter. Leipzig 1791. 8. J. Alb. H. Reimarus ausführliche Vorschrift zu Blitzableitung an allerlei Gebäuden (aus dessen neuern Bemerkungen vom Blitze besonders abgedruckt). J. L. Böckmann über die Blitzableiter, eine Abhandlung auf höchsten Befehl des Fürsten ausgearbeitet. Karlsruhe 1791. 8. J. F. Lutz Unterricht vom Blitze und Wetterableitern 1783. gr. 8. Dessen Lehrbuch der theor. und prakt. Blitzableitungslehre, neu bearbeitet von J. K. Gütle 1804. 2 Th. gr. 8. J. F. Gross, Grundsätze der Blitzableitungskunst nach dem Tode des Verf. herausgegeben von J.F. Wiedemann. Leipz. 1796. Fr. K. Achards kurze Anleitung ländliche Gebäude vor Gewitterschäden sicher zu stellen. Berlin 1798. D. Gillys und J. Alb. Eytelweins kurze Anleitung, auf welche Art Blitzableiter an den Gebäuden anzulegen sind. Berlin 1802. gr. 8. Leopold von Unterberger nützliche Begriffe von den Wirkungen der Elektricität und der Gewittermaterie, nebst einer practischen Belehrung u. s. w. Wien 1811. 8 mit einer Kupfertafel. v. Imhof Anweisung zur Anlegung zweckmäſsiger Blitzableiter. München 1816. 8. Ueber die Sicherheit der Blitzableiter von J. A. H. Reimarus bei G. XXXVI. 113.

1 Diesen Namen hat ihnen Emmerling in v. Moll's Annalen III. 297. gegeben, ehe man genauere Kenntniſs von ihnen hatte. Er ist daher auf allen Fall verwerflich, weil er einen andern Ursprung derselben andeutet, als sie möglicher Weise haben können.

2 Voigt Mag. X. 491.

3 Ebend. XI. 363.

Beschreibung hauptsächlich folgen [1]. Die in der Senner Heide gefundenen, denen alle übrigen mit unbedeutenden Abweichungen völlig gleichen, bestehen aus ungleich langen, und ungleich weiten, nach unten stark verengerten und endlich ganz spitz zulaufenden, wiederholt verschiedentlich gekrümmten, mit mehr oder weniger Nebenästen versehenen Röhren, welche inwendig völlig verglaset, mehr nach Aufsen blofs zusammengesintert, zuletzt mit angeklebten, eine sehr rauhe Oberfläche bildenden Sandkörnern überzogen sind, und eine schwärzlich- und perl-graue, zuweilen auch eine röthliche, in den verglaseten Theilen auch eine grünliche Farbe haben, je nach der Beschaffenheit des Sandes, woraus sie gebildet wurden. Ihr Durchmesser beträgt von 0,75 bis 20 par. Linien, die Dicke der Wände von 0,25 bis 11 Linien, die Länge aber mag muthmafslich 20 bis 30 F. und darüber betragen, mit Seitenästen von 1 Zoll bis 1 Fufs Länge. Eine der längsten, aus den einzelnen zerbrochenen Stücken in natürlicher Richtung bis zu einer Länge von 14,5 Fufs wieder zusammengesetzte befindet sich als sehenswerthes Stück im Dresdener Cabinette [2]. Ihr spec. Gew. wechselt von 1,536 bis 1,924, eine Folge der mehr oder minder häufigen Bläschen, welche sich im Innern derselben befinden, da sie aus reinem Quarzsande mit etwas Eisen bestehen. Sie gehen meistens senkrecht in die Erde hinab, seltener schräg, und theilen sich oft in zwei ziemlich gleiche Arme, welche in gröfserer Tiefe zuweilen in noch mehrere Aeste auslaufen.

Fig. 230.

Sobald die Kenntnifs dieser interessanten Fossilien allgemeiner verbreitet wurde, fand man, dafs sie schon früher gekannt, aber nicht für dasjenige gehalten waren, was sie wirklich sind. Obschon die Alten sie gekannt haben, und dieses Erzeugnifs dasjenige war, was sie mit einer Umzeunung an den vom Blitze getroffenen Orten umgaben, wie Böttiger [3] meint, bleibt allerdings fraglich; gewifs aber ist, dafs sie schon im Anfange des achtzehnten Jahrhunderts in Schlesien gefunden, und als naturhistorische Merkwürdigkeit

1 G. LV. 121. Vergl. LXXI. 301.
2 G. LXXII. 111.
3 Dresdner Abendzeitung 1822. Octbr. Daraus bei G. LXXII. 517.

aufbewahrt und beschrieben sind[1]. Ein Exemplar, in jener Zeit dort gefunden, und *fossile arborescens* von HERMANN genannt, wurde im Dresdener Cabinette unter dem Namen *osteocolla maslensis vitrificata* aufbewahrt[2].

Aufser auf der Senner Heide hat man sie später noch in vielen sandigen Gegenden gefunden, namentlich in *Pillau* bei Königsberg[3] auf der *Nietleber* Heide unweit Halle[4], am Regenstein bei *Blankenburg*[5], in der Nähe von *Dresden*[6], am Rheine in der *Bantelge* im ehemaligen Bisthum Münster[7], bei *Zankendorf* unweit Malaczka in Ungarn[8], zu *Drigg* in Cumberland, woselbst unter mehreren andern eine lothrecht herabgehende Blitzröhre bis 29 engl. Fufs Tiefe verfolgt wurde. Hier stiefs sie auf einen Kiesel von Hornsteinporphyr, mit welchem sie zusammengeschmolzen war, dann unter einer Neigung von 45° gegen den Horizont längs demselben hinlief, wieder lothrecht herabging, sehr rissig war und an Weite immer mehr, zuletzt bis 0,5 Z. abnahm, aber nicht bis ans Ende verfolgt werden konnte[9]. Auch in *Brasilien* hat man sie gefunden, darin jedoch abweichend, dafs sie nicht hohle Röhren, sondern unregelmäfsig und tief gefurchte kantige Stücke darstellen, und die Sandkörner viel stärker verglaset und zusammengeschmolzen sind, so dafs der Bruch zusammenhängend und glasartig erscheint. Sie kommen dem Hyalith an Farbe und Durchscheinigkeit nahe, die vorstehenden Ecken der Körnchen sehen wie abgeschmolzen aus, und die Stücke haben, wenn man sie fallen läfst, einen glasartigen Klang. Ihr Erzeugungsort ist in den Sand-

1 Maslographia oder Beschreibung der schlesischen Massel im Fürstenthum Oels mit seinen Schauwürdigkeiten u. s. w. von D. Hermann. Brieg 1711. Aus G. LXI. 253.

2 RIVINUS Diss. sistens tentamina circa terras medicales. Lips. 1723. Aus G. LXXI. 339.

3 G. LV. 138.

4 Ebend. 140.

5 G. LXI. 245.

6 G. LXVIII. 209. LXXI. 301.

7 G. LXI. 237.

8 G. LXXIV. 214.

9 Irton Greenough und Buckland in Transact. of the Geological Society. II. 528. daraus in G. LXXIV. 218.

ebenen von *Bahia*, und es ist möglich, daſs ihre abweichende Beschaffenheit als Folge der stärkeren Blitzschläge jener Gegenden angesehen werden kann[1]. Daſs sie sich auch sonst noch an vielen Orten finden müssen, ist der Natur der Sache nach nicht zu bezweifeln.

Obgleich man gleich anfangs diese merkwürdigen Producte für Erzeugnisse des Blitzes zu halten geneigt war, so gab es doch auch andere, welche diesem furchtbaren Elemente eine solche Kraft beizumessen Bedenken trugen, und sie lieber für zusammengekittete Gehäuse von Würmern halten wollten[2]. Brückmann meinte, daſs eine Beimischung von Kalk die Schmelzbarkeit des Sandes erleichtere, und die röhrenförmige Gestalt vielleicht durch Pflanzenwurzeln entstehe, um welche der Sand gelagert sey[3]. Fiedler, dessen anhaltenden Bemühungen dieser Gegenstand bei weitem die meiste Aufklärung verdankt, prüfte die verschiedenen Hypothesen, und entschied unbedingt für die angegebene Art ihrer Bildung, indem man nicht anstehen darf, dem Blitze diese Kraft beizumessen, die er auch durch Schmelzungen ähnlicher Art beurkundet[4]. In Uebereinstimmung mit Gilbert[5] ist er der Meinung, daſs der trockne Sand, als Nichtleiter der Elektricität, vom Blitze geschmolzen werde, welcher durch die Schnelligkeit seiner Bewegung die Quarzkörner auseinander treibt, und hierdurch die röhrenförmige Beschaffenheit bedingt, beim tieferen Eindringen in den besser leitenden feuchten Sand aber allmälig schwächer wird, weswegen die Röhren zunehmend enger werden, bis der Blitz seine Kraft gänzlich in dem tiefer liegenden sehr feuchten Boden verliert. Mit Grunde glaubte Fiedler daher auch den Ursprung der Blitzröhren nicht in die vorgeschichtliche Periode verweisen zu dürfen, obwohl einige in früheren Zeiten erzeugt seyn mögen. Im Allgemeinen aber können sie jederzeit durch einen hinlänglich starken Blitzstrahl gebildet wer-

1 G. LXI. 259.
2 v. Hor bei Voigt Mag. XI. 368.
3 Voigt Mag. XI. 66.
4 G. LV. 152.
5 Ebend. 161.

den[1]. CLARKE nahm gegen *diese* Hypothese ein Argument aus dem Verhalten der zu Drigg gefundenen Röhren im Knallgasgebläse her, indem sie in demselben auf gleiche Weise als Hyalith und Perlsinter zu einem Kügelchen reinen Glases mit kleinen Bläschen schmelzen, und also einen gleichen Ursprung als diese Mineralien haben müſsten. Hiergegen bemerkt indeſs GILBERT mit Recht, daſs die anhaltende ungeheure Hitze des Gasgebläses etwas ganz anderes sey, als die plötzlich vorübergehende Erglühung durch den Blitz, daſs die Umgebung des vielen Sandes einen bedeutenden Unterschied mache, und an der innerer Fläche der Röhren sich vollkommene Schmelzung und selbst auch eine nicht geringe Menge ganz kleiner Bläschen finde[2].

Immerhin fehlte aber noch der eigentlich *historische* Beweis für diesen ihren Ursprung, und man weiſs, was dieses bei jeder physikalischen Behauptung bedeutet. Indeſs kann man gegenwärtig auch diesen als vollständig gegeben betrachten. Schon dasjenige, was WHITERING[3] von einem Wetterstrahle erzählt, welcher zu Packington in einen Eichbaum schlug, und einen darunter stehenden Mann tödtete, spricht sehr dafür. Der Blitz war nämlich an dem Stocke des Erschlagenen herabgefahren, und hatte in der Erde ein 2,5 Z. breites und 5 Z. tiefes Loch gemacht. Als man später nachgrub, fand man 12 Z. unter der Oberfläche drei Stücke geschmolzenen reinen Quarzsandes bis 18 Z. unter die Oberfläche herabgehend, wovon zwei röhrenförmig und inwendig völlig verglaset, ja sogar bis zum Herabflieſsen eines theils der Masse geschmolzen waren, also kleinere oder weniger vollkommene Blitzröhren. Minder verbürgt sind die Nachrichten, daſs ein Apotheker in der Osnabrückschen Colonie Friedrichsdorf an einem Orte, wo zwei Menschen erschlagen waren, röhrenförmige Zusammenschmelzungen des Sandes, und ein Schäfer in einer Sandgegend nach Holland hin an der Stelle, auf welche er einen Blitz herabfahren sah, eine eigentliche Blitzröhre gefunden haben will[4]. Völlig bewei-

1 G. LXI. 246.
2 G. LXI. 260.
3 Phil. Trans. LXXX. P. II. p. 293.
4 Fiedler bei G. LV. 156.

send dagegen ist eine kleine, 3 Lin. im Durchmesser haltende Blitzröhre, welche C. H. Pfaff von der Schleswigschen Insel Amrum erhielt. Einige Matrosen sahen hier den Blitz in den Sand einschlagen, gruben sogleich nach, und fanden wirklich dieses Erzeugnifs desselben[1]. Eben so grub auch Hagen bei dem Dorfe Rauschen an der Samländischen Ostseeküste den beiden noch offenen Löchern nach, in welche der Blitz einige Tage vorher neben einer Birke herab eingeschlagen, und zugleich einen Wacholderstrauch in Flammen gesetzt hatte. In dem einen derselben fand sich wirklich einen Fufs tief unter der Oberfläche die zwar dünne, aber sehr kenntliche Blitzröhre, welche aber nur die Länge eines Fufses herabging, und dann auf Lehmboden stiefs, auf welchem noch einige Quarzkörner festgeschmolzen waren[2].

Man hat noch einige ähnliche Gebilde, welche der Blitz durch Verglasung erdiger Mineralien erzeugt hat, allein man kann diese nicht zu den eigentlichen Blitzröhren rechnen. Solche unzweifelhafte Verglasungen durch den Blitz haben unter andern v. Saussure am Hornblendschiefer auf dem Montblanc, Ramond am Glimmerschiefer des Pic du Midi, am Stinkkalke des Mont-Perdü und am Klingsteinporphyr des Roche Sanadoire im Département des Püy de Dome, v. Humboldt endlich von vorzüglicher Schönheit am röthlichen Trachyt-Porphyr des Nevado de Toluca in einer Höhe von 14226 F. über der Meeresfläche gefunden[3]. *M.*

Blut.

Sanguis, sang; *blood*; ist die in den Thieren aus der Nahrung erzeugte, durch ihren ganzen Körper verbreitete und zur Unterhaltung der Verrichtungen der einzelnen Organe, so wie zur Ersetzung ihres Verlustes und ihrer Vergröfserung dienende Flüssigkeit. Sie ist bei den vier höheren Thierklassen roth, bei den niederen weifs. Hier nur einiges vom Blut der Säugethiere, dem das der Vögel, Amphibien und Fische der Hauptsache nach sehr ähnlich ist. Das im lebenden Säugethiere enthaltene Blut besteht aus einer

1 G. LXXII. 111.
2 G. LXXIV. 325.
3 G. LXXI. 340. LXI. 261 u. 315.

Flüssigkeit und aus darin schwimmenden Kügelchen, deren Durchmesser beim Menschen $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{240}$ *Millimètre* beträgt. Diese Kügelchen bestehen nach neueren Untersuchungen aus einem farblosen durchsichtigen Kern und einer rothen Hülle. Tritt das Blut aus dem Thiere oder stirbt dieses, so folgen diese Kügelchen (wahrscheinlich weil ihre Lebenskraft aufhört) den Anziehungsgesetzen der todten Natur; vermöge der Cohäsion tritt der den Kern der einzelnen Kügelchen bildenten Faserstoff in eine gemeinschaftliche Verbindung und bildet, wenn das Blut nicht geschüttelt wird, eine geronnene, netzartige Masse, in deren Zwischenräumen sowohl die rothen Hüllen als auch die Flüssigkeit enthalten sind. Dieses ist die *Gerinnung* des Blutes, welche bei jeder Temperatur und auch bei abgehaltener Luft erfolgt, und mit keiner Wärmeentwickelung verbunden ist. Aus der geronnenen Masse sondert sich allmählig ein Theil der eingeschlossen gewesenen Flüssigkeit als *Blutwasser* oder *Serum* ab, während die übrige Masse, aus allem Faserstoff und rothem Stoff und einem Theile des Blutwassers bestehend, den *Blutkuchen* oder die *Placenta* darstellt. Durch längeres Auswaschen mit kaltem Wasser kann man dem Blutkuchen letztere zwei Stoffe entziehen, welche sich darin lösen, und der Faserstoff bleibt rein zurück. Wird das Blut während des Gerinnens geschlagen, so löst sich die rothe Hülle vollständiger vom Faserstoff. Dieser begiebt sich ohne soviel Farbstoff und Serum einzuschliefsen, zu rothweissen Fasern zusammen, welche sich durch Auswaschen leichter reinigen lassen. Dem zufolge besteht das Blut 1. aus *Faserstoff*, einer dem geronnenen Eiweifsstoffe sehr ähnlichen Materie, welche den innern Theil der Blutkügelchen bildet, 2. aus dem *färbenden Princip*, *Blutroth*, *Cruor*, welcher die Hülle der Blutkügelchen bildet und sehr reich an Eisen ist und 3. aus *Blutwasser* oder *Serum*, einer Auflösung von Eiweifsstoff, Osmazom, speichelstoffartiger Materie, und verschiedenen Salzen in Wasser, welchen oft etwas Fett beigemischt ist. Das Serum gesteht beim Erhitzen vermöge seines Eiweifsstoffes zu einer dem geronnenen Eiweifs ähnlichen Masse, aus der ein wenig wässrige Flüssigkeit, die *serositas*, ausschwitzt. *G.*

Boron.

Boracium; Boron, Bore; *Boron.* Dieser unzerlegte Stoff findet sich bloſs in Verbindung mit Sauerstoff als Boraxsäure und wird aus dieser, nachdem sie durch Glühen entwässert ist, durch Erhitzen mit Kalium und nachheriges Auswaschen des sich dabei bildenden boraxsauren Kalis erhalten. Es stellt ein braunes, geruch- und geschmackloses, in der Weiſsglühhitze weder schmelzendes, noch verdampfendes Pulver dar, welches specifisch schwerer ist, als Vitriolöl, und die Elektricität nicht leitet. Folgendes sind seine wichtigsten Verbindungen: *Boraxsäure* oder *Sedativsalz* (22 Boron auf 48 Sauerstoff). Das Boron verbrennt noch unter der Glühhitze in der Luft mit lebhafter Feuerentwickelung zu Boraxsäure; auch entzieht es vielen Sauerstoffverbindungen, besonders beim Erhitzen, ihren Sauerstoff, um damit Boraxsäure zu bilden. Die Boraxsäure kommt in einigen Seen, theils im freien Zustande, theils mit Natron verbunden, als *Tinkal* vor. Aus letzterem scheidet man sie durch Schwefelsäure. Im wasserfreien Zustande stellt sie ein hartes, farbloses, in der Glühhitze in zähen Fluſs gerathendes, nicht verdampfbares Glas dar; aus ihrer wäſsrigen Lösung krystallisirt sie in Verbindung mit Wasser in perlmutterglänzenden, biegsamen Schuppen. Sie schmeckt sehr schwach säuerlich und bitterlich und röthet sehr schwach Lakmus. Die krystallisirte Säure löst sich in 34 Theilen kaltem Wasser. Sie bildet mit den Salzbasen die *boraxsauren Salze*, welche meistens feuerbeständig, und wenig im Wasser löslich sind, und vorzüglich daran erkannt werden, daſs sie, mit Weingeist und etwas Schwefelsäure gemengt, der Weingeistflamme eine grüne Farbe ertheilen, so wie auch Weingeist, welcher reine Boraxsäure aufgelöst enthält, mit grüner Flamme verbrennt.

Das *Fluorboron* (22 Boron auf 112 Fluor) entwickelt sich beim Glühen der wasserfreien Boraxsäure mit Fluſsspath als ein farbloses Gas von 2,371 spec. Gew. (das der Luft = 1,0 gesetzt), vom stechenden, erstickenden Geruch, Lackmustinktur stark röthend, Holz und andere organische Stoffe verkohlend. Es wird sehr reichlich von Wasser absorbirt und zerfällt hierbei, indem das Fluor Wasserstoff und das

Boron Sauerstoff aufnimmt, wenigstens zum Theil und in Boraxsäure. An der Luft erzeugt dies Gas äufserst dicke Nebel, indem es sich mit dem Wasserdampf der Luft zu einer ähnlichen sauren Flüssigkeit verdichtet. Das Fluorboron verbindet sich mit den Fluormetallen zu *Fluor-Boronmetallen*, die sich zum Theil in Wasser lösen. Hierbei läfst sich annehmen, dafs das Fluor durch Aufnahme von Wasserstoff aus dem Wasser in Flufssäure, und das Boron und das Metall, durch Aufnahme von Sauerstoff aus dem Wasser in Boraxsäure und Metalloxyd verwandelt wird, und man kann daher diese Verbindungen der Fluor-Boronmetalle mit Wasser ansehen als Verbindungen von flufssaurer Boraxsäure mit flufssaurem Metalloxyd.

Chlorboron (22 Boron auf 216 Chlor). Das erhitzte Boron verbrennt in Chlorgas zu Chlorborongas, welches farblos ist, stechendsauer riecht, an der Luft so dicken Nebel erzeugt, wie das Fluorborongas und vom Wasser reichlich absorbirt wird, dessen Wasserstoff des Chlor in Salzsäure verwandelt, während der Sauerstoff desselben mit dem Boron Boraxsäure erzeugt.

Das *Schwefelboron* wird durch Erhitzen von Boron in Schwefeldampf erzeugt, wobei sich das Boron entzündet und zu weifsem undurchsichtigem Schwefelboron verbrennt. Dieses zersetzt sich in Wasser mit grofser Heftigkeit in Hydrothionsaures Gas und in Boraxsäure. *G.*

Boussole; s. Compafs.

Brandracketen.

Congrevesche Racketen; fusées à la Congreve; *Congreve-Rockets.* So nennt man die furchtbaren Wurfwaffen, welche in der neuesten Kriegsgeschichte viel Aufsehen erregt, und die zerstörenden Wirkungen, worauf sie berechnet sind, nicht selten wirklich angerichtet haben. Da diejenigen Staaten, welche die Art ihrer Verfertigung kennen oder zu kennen vorgeben, ein Geheimnifs daraus machen, so kann hier nur dasjenige mitgetheilt werden, was darüber bekannt geworden ist, ohne dafs die Richtigkeit der Angaben durch etwas anderes, als die zugleich angegebenen Autoritäten verbürgt

wird. Im Allgemeinen sind dieselben ganz eigentliche Racketen, nur in gröfserem Mafsstabe, und nicht sowohl den äufsern Bau derselben und die Art ihres Gebrauches, als vielmehr die eigenthümliche Mischung ihrer Bestandtheile wird als Geheimnifs behandelt. Die Beschaffenheit der gemeinen Racketen darf als bekannt vorausgesetzt werden, auch das Princip, wodurch das Aufsteigen derselben hervorgebracht wird. Die aus dem brennenden Satze derselben erzeugten elastischen Flüssigkeiten üben nämlich nach allen Seiten einen gleich starken Druck aus, und indem dieser nach dem offenen Ende hin frei ist, so mufs er nach der diesem entgegenstehenden Seite mit seiner ganzen Kraft wirken, mithin wie der Rückstofs eines Geschützes die Rackete bewegen [1], und wenn dann die bewegte Rackete durch die Lage ihres Schwerpunctes vermittelst der angebrachten langen und leichten Ruthe stets in der nämlichen Richtung erhalten wird, so mufs sie in dieser so lange sich fortbewegen, als die Entwickelung der expansibelen Flüssigkeiten dauert. Die kleineren Racketen, einige Zolle lang und nicht viel über einen halben Zoll dick, wie man sie zu gewöhnlichen Feuerwerken gebraucht, sind nur als eine Spielerei anzusehen und erreichen meistens nur eine Höhe von 60 bis höchstens 150 Fufs. Zu Signalen verfertigt man indefs gröfsere, von etwa einem Zoll Durchmesser, welche einige hundert Fufs steigen. Robins liefs indefs durch den geübten Feuerwerken da Costa solche Racketen von vorzüglicher Gröfse und sorgfältig bereitet verfertigen, welche die gewöhnlich gebrauchten an Steigkraft bei weitem übertrafen. Sie hatten 1,5 bis 3,5 Zoll Durchmesser, und erreichten nach genauen Messungen die unglaubliche Höhe von 1977 bis 3762 engl. Fufs, indem die Höhe mit ihrer Gröfse zunahm. Indefs gab es auch hierbei ein Maximum, welches durch vermehrte Gröfse nicht überschritten werden konnte, denn die von 3 Z. Durchmesser erreichten die gröfste Höhe [2], und man sieht hieraus, dafs auch hierbei sich das dem Gebrauche der Brandracketen im Wege stehende

---

1 S. *Hydraulik; Pneumatik.*

2 Böhm's Magazin für Ingenieure und Artilleristen. IV. 290. Robins Tracts. II. 307. Phil. Trans. XLVI. 578.

Hindernifs zeigte, indem die Höhe, und somit auch die Entfernung, bis zu welcher diese verheerenden Maschinen getrieben werden können, sich nicht willkührlich vermehren läfst[1].

Die Brandracketen sind eine Indische Erfindung, und werden jetzt nur nach ihrem bekannten Verbesserer Congreve benannt. Die Indier nämlich gebrauchten sie gegen die Engländer, namentlich Tippo-Saib mit bedeutendem Erfolge bei der Belagerung von *Seringapatam*. Sie bestanden aus einer eisernen Kapsel mit einem langen Bambusrohre, und wogen nie über 2 Pfd. und nie unter 1 Pfd.[2]. Hiervon lernte sie ohne Zweifel William Congreve kennen, und arbeitete eifrig an ihrer Verbesserung. Im September 1805 zeigte er die von ihm verbesserten vor einer Menge von Zuschauern; sie fanden Beifall, Sidney Smith sollte sie sogleich gegen Boulogne gebrauchen, allein die Jahreszeit war zu weit vorgerückt, und es geschah dieses zuerst nach einem abermaligen Versuch durch den Commodore Owen am 14ten Oct. 1806 in Hafen von Boulogne ohne sonderlichen Effect[3]. Ob vielleicht das Vorurtheil derjenigen, welche sie warfen oder werfen liefsen, zu diesem Mifslingen Veranlassung gab, läfst sich nicht wohl bestimmen; höchst wahrscheinlich aber würden sie bald in Vergessenheit gekommen seyn, wenn sie nicht im folgenden Jahre bei dem Bombardement von Kopenhagen ihre furchtbare Wirkung mehr als zu sehr bestätigt hätten[4]. Von dieser Zeit an wurden sie während des ganzen Befreiungskrieges unablässig und mit grofsem Erfolge gebraucht. Verschiedene Nationen versuchten sie nachzumachen, und liefsen durch ihre Artillerieschulen, namentlich in Frankreich, ungeheure

---

1 Nach Hutton Dict. II. 357. nimmt man zu den Racketen von verschiedener Gröfse 4 Pfd. Salpeter, 1 Pfd. Schwefel, 1 Pfd. Kohle, zu den grofsen 4 Pfd. Salpeter, 1 Pfd. Schwefel 1 Pfd. Mehlpulver; zu den mittleren 3 Pfd. Salpeter 2 Pfd. Schwefel 1 Pfd. Mehlpulver 1 Pfd. Kohle.

2 Ch. Dupin Voyages dans la Grande Bretagne cet. depuis 1816 — 1820. 1re Part. sur la force militaire. Vergl. Bibl. univ. XIII. 286.

3 Busch Almanach d. Fortschritte in Wiss. u. s. w. XII. 288.

4 Vergl. Nicholson J. XXVIII. 381.

Summen auf Versuche verwenden, um dieselben so zu verfertigen, daſs sie auf gleich weite Entfernungen, als die englischen getrieben würden, allein es soll nach unvollkommen verbürgten Gerüchten bloſs zwei Officieren, SCHUMACHER in Kopenhagen und AUGUSTIN in Wien gelungen seyn, diese groſse Wurfweite herauszubringen. An beiden Orten wird, eben wie in England, ein Geheimniſs aus ihrer Bereitung gemacht[1].

Im Allgemeinen giebt es haupsächlich zweierlei Arten Brandracketen, welche bloſs an Gröſse verschieden sind, übrigens aber rücksichtlich des Baues und der Bestandtheile muthmaſslich vollkommen dieselben. Die *groſsen* werden zu Belagerungen und als schweres Feldgeschütz, die *kleineren* bloſs als leichteres Feldgeschütz gebraucht, die anderweitigen Abweichungen, welche die verschiedenen Bestimmungen derselben der Natur der Sache nach erfordern, sind mir nicht hinlänglich bekannt. Es wird daher hier genügen, nur eine Art derselben näher zu beschreiben.

Die sogenannten 32 pfündigen Brandracketen bestehen aus einer blechenen Cartouche, 4,5 F. lang, mit einem eisernen Kopfe B A C, an der Basis 6,5 Zoll haltend, oben bei A (zuweilen oder stets?) mit einem starken eisernen Stachel versehen, welcher zur Brandstiftung durch die Dachbedeckungen dringt, und sich in das Holzwerk einsenkt, um die in dem Kopfstücke enthaltenen Brandmittel umherzusprühen. Haben sie nämlich die erforderliche Höhe und Entfernung erreicht, so soll den Erzählungen nach der Kopf durch die Hitze des brennenden Satzes sich von der Cartouche ablösen und herabfallen, und dieses ist es dann eigentlich, was die Zerstörung anrichtet. Die Cartouche verjüngt sich nach unten, und hat bei D nur noch 4,5 Z. Durchmesser. An dieser ist die Ruthe, ein Stück leichten Holzes, l m, angebracht, 18 F. lang, wobei es sehr wichtig ist, daſs diese genau parallel mit der Axe der Cartouche gerichtet, und hinlänglich fest sey. Zu diesem Ende ist sie durch die Ringe i, k gesteckt, und in l festgeschroben.

Fig. 231.

1 Man sagt, sie würden bloſs von Personen verfertigt, welche auf die Bewahrung des Geheimnisses beeidigt sind. Diejenigen, welche sie werfen, kennen die Bereitung selbst nicht. Ehe man sie in feindliche Hände kommen läſst, werden sie lieber zerstört.

Beim Gebrauche legt man sie auf eine, nach dem erforderlichen Inclinationswinkel geneigte, Ebene einer Mauer, Bastion oder eines Erdwalles mit Einschnitten, sie aufzunehmen, worauf sie einzeln oder durch Verbindung mit einander gemeinschaftlich in gröfserer, durch die Länge der Lagerstätte bestimmter Zahl vermittelst eines Lanzenstabes an der unteren Oeffnung D angezündet werden, und dann nach Art der Racketen durch den Druck der entwickelten expansibelen Flüssigkeiten fortfliegen. Für den weitesten Wurf ist 55° der geeignetste Elevationswinkel. Hat man keine Mauer oder keinen Wall zum Auflegen, so bedient man sich eines transportabelen hölzernen Pultes, welchem an einer Seite durch Erheben oder Niederdrücken eine verschiedene Neigung mit dem Horizonte gegeben wird. Ein Artilleriewagen fährt 2 Gestelle und 100 Racketen von 32 Pfd., das Gestell kann in weniger als 5 Min. hergestellt seyn, erfordert 4 Mann Bedienung, und fafst zugleich 2 Racketen, welche in 2,5 Min. aufgelegt und abgefeuert werden können. Die Lagerstätte mufs nach jedem Schusse wegen etwa zurückgebliebener brennender Theile mit einem nassen Schwamme abgewischt werden, ehe eine neue aufgelegt wird, und das Abfeuern geschieht aus einiger Ferne, des starken Rauches wegen.

Im Felde werden die schweren von Laffeten geschlossen. Die 32 pfünd. Haubitz - Racketen tragen eine *Sharpnell-Bombe* von 9 Pfd. bis auf 3000^m. Die Laffete ist eine leichte Feldlaffete auf Rädern, und hält 54 Racketen in ihrem Kasten. Die kleineren sind eine Art Kartätschen, tragen bis 2000^m und werden von einem kleinen Gestelle geschossen, oder selbst aus der Hand. Das Gestell kann ein Mensch leicht tragen, und eben so trägt ein Mann 3 bis 4 Racketen. Man kann diese endlich mit einer kleinen Unterlage unter den Kopf auf die flache Erde legen, worauf sie mit bedeutendem Effecte ricochettiren.

Ein schwacher Wind afficirt die grofsen Racketen nicht; bei einem starken, welcher nahe genau normal auf ihre Richtung trifft, müssen sie etwas seitwärts gerichtet werden. Fliegen sie mit dem Winde, so macht man den Elevationswinkel 60°, gegen den Wind aber 50°. Bei genauer Lage und

Richtung treffen sie sehr gut. Bei einem Elevationswinkel von 60° bis 45° tragen die 42 pf. Carcassen ein Gewicht von 12 bis 18 Pfd. auf 3500 Yards, die 32 pf. ein Gewicht von 18 pfd. auf 2000, von 8 Pfd. auf 3000 Yards, die 42 pfd. Haubitz-Racketen 12 pfd. Haubitzkugeln auf 3500, die 32 pfd. Haubitz-Racketen 9 pfd. Haubitzkugeln auf 3000 Yards; die 32 pfd. Kartätschracketen 200 Kugeln auf 2500 Yards, die kleineren 100 Kugeln auf 3000 Yards, die 12 pfd. Brandracketen tragen 5 bis 12 Pfd. Pulver zum Exploдiren bis 2500 und 3000 Yards; die kleinen 12 pfd. Kartätschracketen tragen 72 Flintenkugeln auf 2000, und 48 Flintenkugeln auf 2500 Yards. Ein groſser Vortheil beim Gebrauche der Brandracketen besteht überdem noch darin, daſs selbst die schwersten ohne Reaction gegen ihre Unterlage geschossen werden, weswegen sie selbst auf den kleinsten Schiffen brauchbar sind. Auch zu Lande erfordern sie weit geringere Transportmittel, können selbst dahin und auf Wegen gebracht werden, worauf keine Artillerie transportabel ist, und haben sich daher auch namentlich in der Völkerschlacht bei Leipzig sehr wirksam bewiesen. Man kann daher nicht behaupten, daſs es von ihrem enthusiastischen Vertheidiger, Congreve, allzu übertrieben war, wenn er dem Kaiser von Ruſsland bei dessen Anwesenheit in England ganz ernstlich prophezeihete, daſs im nächsten Kriege gar keine Artillerie mehr, sondern bloſs Brandracketen gebraucht werden würden. Endlich empfehlen sie sich auch selbst rücksichtlich der Kosten. Nach den Berechnungen kostet eine Brandrackete von 32 Pfd. nur 1 Lstl. 11 Stl. 0,5 pences[1], statt daſs eine gleich groſse Bombe, wenn sie bis 3000m Weite geworfen werden soll, als bis wohin die Rackete reicht, 1 Lstl. 2 Stl. 7 p. kostet, ohne den Mörser und dessen Bespannung zu rechnen.

Auſser den hier beschriebenen eigentlichen Brandracketen hat Congreve auch Leuchtkugeln erfunden, welche im höchsten Puncte, den die Rackete erreicht hat, sich loslösen, und leuchtend an einem sich bildenden Fallschirm hängen

---

1 1 Lstl. = 20 Stl. = 240 pençes, und beträgt nach 24 Fl. Fuſs etwa 12 Fl.

bleiben. Das verbreitete helle Licht dauert mindestens 5 Minuten, und ist hinreichend, um die Bewegungen des Feindes zu beobachten, oder Signale in die Ferne zu ertheilen. Von diesen Leuchtkugeln giebt es noch eine leichtere Art Brandkugeln, welche nach dem Ablösen an ihrem Fallschirme durch einen günstigen Wind bis zur doppelten und dreifachen Weite getragen werden können, als wohin die gewöhnlichen Brandracketen reichen, und sind für Pulvermagazine und Flotten ein furchtbar zerstörendes Mittel, wenn sie hineinfallen. Ihre Gröfse ist wie die der 32 pfd. Carcassen, und sie kosten nur 5 Shlstl. mehr als diese.

Indefs hat Congreve noch stets an ihrer Verbesserung und der Vervielfältigung ihrer Anwendung gearbeitet. Nach einem neueren Berichte[1] wurden am 12. Juni 1821 Versuche in Woolwich angestellt. Zuerst brannten die Leuchtracketen an ihrem Fallschirme 5 Min. mit indischem Weifsfeuer, und leuchteten ausnehmend. Ferner wurde unter einem Winkel von 45° auf 1600 Yards ein Anker von einem Schiffe ans Ufer geworfen, welcher so stark fafste, dafs man das Schiff damit heranwinden konnte. Durch eine weitere Verbesserung der Auflage und des Holzes war man vermögend, sie fast horizontal auf 1200 Yards zu schiefsen, die gröfsten aber trugen unter einem Elevationswinkel von 45° bis 3000 Yards. Man zeigte endlich auch, wie ein einzelner Soldat einer ganzen Cavallerie-Colonne widerstehen könne, indem man mehrere Reihen kleinerer Brandracketen in mäfsigen Zwischenräumen hinter einander, jede Reihe aus mehreren nahe liegenden gebildet, und durch einen gemeinschaftlichen Zünder verbunden, auf der Erde niederlegte. Nachdem die erste Reihe angezündet war, folgte die zweite, und so die folgenden, deren Wirkung für die Cavallerie für unwiderstehlich gehalten wurde.

Neuerdings hat man sie sogar zum Wallfischfang mit dem besten Erfolg angewandt, indem die gröfsten Thiere dieser Gattung nicht blofs sicher damit angegriffen werden können, sondern auch mit gröfster Gewifsheit getroffen und sowohl durch die Gröfse der Wunde, welche das zuweilen ganz

1 Bibl. univ. XVIII. 70.

durchbohrende Geschofs verursacht, als auch durch das fortbrennende Feuer in der Regel augenblicklich getödtet werden[1].

Bei dieser auffallenden und ausnehmend grofsen Bedeutsamkeit der Brandracketen war es natürlich, dafs mehrere Versuche angestellt wurden, sie nachzumachen, und da ihre Wirkung hauptsächlich von der Beschaffenheit des Satzes abhängt, diesen theils durch Versuche zu finden[2], theils alle diejenigen chemisch zerlegen zu lassen, welche zufällig in feindliche Hände geriethen. Man hat auch wirklich mehrere chemisch analysirt, und nahe übereinstimmende Resultate erhalten, jedoch läfst sich nicht verbürgen, ob die hierzu verwandten Exemplare wirklich ächt waren, und in wie weit die Zerlegung für absolut genau anzusehen ist. Unter den mehreren, nahe übereinstimmenden Analysen giebt die von D'Arcet[3] angestellte für den *Satz* folgende Bestandtheile

Unreiner Salpeter - -	53,4
Kohle - - - - -	20,2
Schwefel - - - -	12,4
Feuchtigkeit - - -	14,0
Zusammen	100,0

Für die *Zündmasse*

Salpeter - - - - - - - - -	53,5
Harz, Talg, Schwefel und Spiefsglanz -	46,5
Zusammen	100,0

Die letzteren Bestandtheile sind genauer durch Kirchhof[4] angegeben, nämlich

Harzige Substanzen - - -	20
Salpeter - - - - -	54
Spiefsglanz - - - - -	5
Schwefel - - - - -	18
Verlust - - - - - -	3
Zusammen	100

1 The Currier. 1821. Ann. de Chim. et de Ph. XIX. 89. Ann. of Phil. N. S. II. 467. III. 138.

2 Ein sächsischer Artillerie-Officier sagte mir, dafs nach zahlreichen, in Dresden angestellten, Versuchen die mit dem sogenannten faulen Satze gefüllten Racketen am weitesten, keine aber bis zur erforderlichen Weite getrieben seyen.

3 Ann. des Arts. LV. 52.

4 Mém. de l'Acad. Imp. de Petersbourg. V. 24. Vergl. VI. 57.

Die harzigen Substanzen aber sollen aus etwa 12 Th. Harz und 8 Th. Wachs bestehen. *M.*

Brandung.

Brecher; brisans; *breakers.* So nennt man das Brechen der Meereswellen an Klippen, die entweder ganz oder zum Theil unter Wasser sich befinden, wohl auch im Allgemeinen die Klippen selbst. Auch versteht man darunter jene bedeutende Wallung des Meeres am Ufer, die im franz. durch Ressac, im engl. durch *Surf* bezeichnet wird, und wofür die deutschen Schiffer das Wort *Widersee* brauchen. Sie ist besonders stark an solchen Ufern, welche dem directen Andrang des Meeres offen stehen; geringer da, wo große Einbuchten und Krümmungen der Küste die gerade Bewegung des Wassers unterbrechen. Obwohl beim Sturme die Brandung überhaupt stärker ist, als gewöhnlich, so findet dennoch die Brandung der letztern Art gröſstentheils auch ohne diese Erregung statt, und sie bildet besonders zwischen den Wendekreisen ein beständiges Phänomen. Im freien Ocean ist das Meer, selbst wenn kein Lüftchen seine Oberfläche kräuselt, dennoch von den Rückwirkungen vorhergegangener oder benachbarter Stürme angeregt, zwischen den Wendekreisen aber in Folge des ununterbrochenen Wehens der Passatwinde in beständigem Auf- und Niedersteigen, dergestallt, daſs, wenn auch seine Oberfläche spiegelglatt erscheint, doch ein darauf schwimmender Körper, z. B. ein Boot, einem ziemlich erhöht stehenden Beobachter plötzlich hinter einem, sonst nicht bemerkbaren, langen flachen Wasserberg zu versinken scheint. Diese, obwohl langsame, doch nicht unbedeutende Wellenbewegung, die nach allen Seiten sich ausbreitet, wirkt dann auf die dünnern Wasserschichten, die über den Untiefen der sanft ansteigenden Sandküsten und der Klippen liegen, nach dem Verhältniſs der Massen, und ertheilt diesen eine Beschleunigung, die mit der scheinbaren Ruhe des umliegenden Gewässers einen unerwarteten Constrast bildet. Zuweilen ist es eine einzige lange Welle, die sich rasch dem Ufer zuwälzt, zuweilen sind es drei bis vier Reihen hinter einander, die schon in einer bedeutenden Entfernung in der See sich erheben. Ihre

Beschleunigung wächst, je dünner die Wassermasse auf der ansteigenden Sandfläche wird; die Reibung am Boden wirkt ihrem untern Theile entgegen, und so thürmt sich das Ganze zu einer vorwärts überhängenden Woge von unbegreiflicher Höhe auf, die an einigen Orten bis auf 15 und 20 Fufs gehen soll, und stürzt dann wie ein breiter Wasserfall mit ungeheurem Getöse herab. Da diese Wellenbewegung nicht die Wirkung eines auf die Küste treibenden Windes ist, so prallt die Welle auch meistens mit grofser Gewalt wieder vom Ufer zurück und dieses ist es, was das deutsche Wort *Widersee* ausdrückt. Diese heftige Bewegung des Wassers macht im freien Oceane selbst an flachen, sandigen Ufern das Landen häufig unmöglich, indem die rasch heranrollenden Wellen das Boot, so wie es dem Gastade sich näherte, abwechselnd aufheben, und auf den Boden niederschmettern würden. In dieser Hinsicht ist die Brandung auch ein nicht unwichtiges Hindernifs der nähern Untersuchung neuer Inseln und Küsten, und mancher daselbst anzustellenden nützlichen Forschung, und sie erschwert besonders auch die Beobachtung der Ebbe und Fluth, indem z. B. um den Aequator die Fluthöhe von der zufälligen Schwellung des Wassers übertroffen wird. Auch auf mehreren, von den Europäern bewohnten Plätzen, z. B. in Ostindien, ist diese Schwellung bedeutend, und erfordert eigene starke Boote, die beim Anlanden von den schnell herausspringenden Matrosen sogleich ans höhere Ufer hinaufgezogen werden, ehe die rückkehrende Welle das Fahrzeug ergreift. An Klippen zerschlägt sich das Wasser mit solcher Wuth, dafs es eine, von Weitem, selbst bei Nacht, sichtbare schäumende Masse bildet, die schon manchem Schiff, noch eben zu rechter Zeit, die drohende Gefahr verrieth. Die Brandung verursacht ein eigenes lautes Gebrülle, das von dem gewöhnlichen Rauschen des Wassers und von dem Brausen der Wogen im Sturme durch einen vollern Ton sich unterscheidet, und dem aufmerksamen Schiffer selbst im Nebel und bei Nacht die Nähe verderblicher Klippen verkündet. Hinter den Klippen, mit welchen so viele Inseln der Südsee wie umzäunt sind, ist das Wasser vollkommen ruhig, so dafs schon oft Schiffe, die der Sturm unwiderstehlich auf ein Felsenriff hintrieb, durch

muthvolles Uebersetzen desselben an einer etwas offenern Stelle ihre Rettung fanden.

Im Englischen nennt man auch *Breakwater*, **Wasserbrecher**, franz. **Battre d'eau** irgend einen Damm am Eingange eines Hafens, um die Wuth der Wellen zu brechen, und den dahinter liegenden Schiffen Schutz zu gewähren, er mag nun aus Stein oder Holz oder versenkten Schiffen bestehen. Die gröfsten Werke dieser Art sind der Hafenbau zu Cherbourg an der Westküste von Frankreich, und der neue Wehrdamm zu Plymouth an der Südwestspitze Englands[1]. *H.*

Brechbarkeit.

Refrangibilitas; Réfrangibilité; *Refrangibility*. Die Brechbarkeit der Lichtstrahlen ist die Eigenschaft, vermöge welcher sie fähig sind, die Aenderung der Richtung, welche wir Brechung nennen, beim Eintritt in einen andern Körper zu leiden. Hierüber würde aufser dem, was der Art. *Brechung* enthält, nichts weiter zu sagen seyn, wenn nicht die *ungleiche Brechbarkeit* der verschieden farbigen Strahlen eine genaue Betrachtung verdiente.

Beweise für die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Strahlen.

1. Dafs wir das Licht, welches in unserm Auge die Empfindung des *Roth* hervorbringt, rothes Licht nennen, also von rothen Lichtstrahlen sprechen dürfen, brauche ich wohl nicht weitläuftig zu erklären. Da wir nämlich bemerken, dafs Körper, die wir in das Roth des prismatischen Farbenbildes bringen, roth erscheinen, so ist es am natürlichsten, sie als von rothem Lichte erleuchtet, zu bezeichnen; eben so sagen wir, von einem grünen Baume gehen grüne Lichtstrahlen aus, weil eine im Dunkeln liegende weifse Wand, wenn sie kein anderes Licht empfängt, als das von einem hell

---

1 Ueber beide Arbeiten findet sich ein sehr ausführlicher Bericht von Barrow in den Supplementen zu der Encycloped'a Britannica Art. *Breakwater*, so wie auch eine interessante Nachricht von Krusenstern über den Bau in Plymouth, in G. LX. 113.

erleuchteten grünen Baume, uns grün erscheint u. s. w. Diese verschiedenen Farbenstrahlen *nun* würden wir ungleich brechbar nennen müssen, wenn für den einen die Ablenkung von der ursprünglichen Richtung unter sonst ganz gleichen Umständen stärker wäre, als für den andern, oder wenn parallel auf eine Ebene auffallende Strahlen von verschiedener Farbe nach der Brechung nicht mehr parallel wären.

Das Prisma, welches sich überhaupt so bequem zeigt, um die Gröſse der Brechung zu bestimmen, ist zu Endscheidung der Frage über die ungleiche Brechbarkeit ganz vorzüglich brauchbar. Es erhellet nämlich erstlich, daſs ein rother Körper durch das Prisma gesehen, uns weniger von seinem wahren Orte entfernt scheinen muſs, als ein unmittelbar neben ihm liegender blauer Körper, wenn der rothe Lichtstrahl minder brechbar als der blaue ist; es erhellet ferner, daſs wenn man den Weg des einfallenden und gebrochenen Lichtstrahls verfolgt, sich die ungleiche Brechung[1] muſs bestimmen lassen, und wir haben also Mittel genug, die Frage, ob die verschiedenen Farbenstrahlen ungleich brechbar sind, zu prüfen.

2. Newton stellte, um zu zeigen, daſs die von rothen und blauen Körpern ausgehenden Strahlen ungleich brechbar sind, vorzüglich folgende zwei Versuche an. *Erster Versuch.* Man nimmt[2] ein rechtwinklig viereckiges schwarzes Papier, zieht darauf eine, das Ganze halbirende gerade Linie mit dem einen Seitenhaare parallel, und färbt die eine Hälfte mit möglichst reinem *Roth*, die andere mit möglichst reinem *Indigo* blau. Man hält dann das Prisma so, daſs seine Kanten der getheilten Seite des Parallelogramms parallel sind, und betrachtet durch das Prisma jene verschiedenfarbig übermalte Figur, die man auf schwarzen Grund legt. Man sieht dann, wenn der brechende Winkel nach unten gekehrt ist, den blauen Theil der Figur viel weiter hinabgerückt, als den rothen; jenes

---

1 Vergl. *Brechung.* No. 9.

2 Newtoni optice sive de reflexionibus, refractionibus et coloribus lucis, libri III. Lib. I. Propos. I. Exp. 1.

gefärbte Papier erscheint nämlich nicht mehr als ein einziges Parallelogramm HDIE, sondern so getheilt, wie dgfe es zeigt. Diese Erscheinung kann nach mathematischen Regeln nicht anders als durch eine stärkere Brechung der blauen Strahlen erklärt werden. Denn wenn von zwei neben einander liegenden Puncten ein blauer und ein rother Lichtstrahl auf das Prisma fallen, die ich, als hinter einander liegend beide durch AB andeute, und es kommt der eine auf dem Wege ABFG, der andere auf dem Wege ABHI ins Auge, so erhellet, daſs der letztere stärker als der erstere gebrochen ist, und das Auge wird dann das Rothe und Blaue nicht mehr *neben einander*, sondern das Blau in einer *tiefern* Stellung zu sehen glauben, so wie die Figur es zeigt. Fig. 233.

Dieser Versuch würde gar nichts zu wünschen übrig lassen, wenn unter unsern Färbestoffen sich einer befände, der ein vollkommen reines Blau darstellte, oder der uns ein blaues Parallelogramm lieferte, welches durchs Prisma gesehen von allen Farbenrändern ganz frei wäre; da aber der Versuch desto vollkommener ausfällt, je reineres Blau man nimmt, und da man einen ganz ähnlichen Farbenrand, der bei minder reinem Roth entsteht, fast ganz wegschaffen kann, wenn man recht reines Roth nimmt, so erhellet wohl, daſs wir Recht haben, wenn wir diese Unvollkommenheit dem Mangel eines vollkommen reinen Blau zuschreiben. Daſs wir hierin Recht haben, läſst sich durch folgenden Versuch noch deutlicher machen. Man lege auf jenes blaue Parallelogramm[1] am obern Rande in a ein kleines Stückchen rothes Siegellack (einige abgeschabte Stäubchen), so sieht man diesen rothen Fleck in α auf der verlängerten dh; man lege eben dahin in a ein dunkelgrünes Blättchen, so sieht man es nicht in α, sondern in β u. s. w.; man ist also wohl berechtigt zu sagen, daſs auch die für unser Auge nicht so merklichen rothen Pünctchen, die im Blau eingemischt vorhanden sind, uns in α als rother Rand, die grünen Pünct- Fig. 232.

[1] Man kann sich hier und im Vorigen sehr gut der Figur bedienen, die in v. Göthes Farbenlehre Taf. III. auf schwarzem Grunde gezeichnet ist.

chen uns in β als grüner Rand erscheinen müssen; und es scheint mir nicht, daſs wir uns hier vor dem Verdachte, als ob dieses nur eine fingirte Hülfshypothese sey, die wir um die Hypothese von der ungleichen Brechbarkeit zu retten, zu Hülfe nähmen, zu fürchten brauchen.

Ich will noch zwei andere Abänderungen dieses Versuches anführen, die mir sehr überzeugend scheinen. Den ersten habe ich mit den brennend rothen Blumenblättern der lychnis chalcedonica und den ziemlich rein blauen Blättern der convolvulus tricolor angestellt, aus welchen ich Streifchen schnitt und sie (möglichst geebnet) auf schwarzem Grunde so auf einander legte, daſs der blaue Rand a b d c oben vorragte, während bei e f nichts blaues zu sehen war; besieht man diese Streifen durch das Prisma mit nach unten gekehrtem brechenden Winkel, so sieht man, wenn a c nicht über $\frac{1}{3}$ Linie breit ist, oben gar nichts blaues mehr, sondern g h i k ist roth, und hat unten (wenn auch c e nicht über $\frac{1}{2}$ L. ist,) einen blauen Rand. Da nun das Blatt der lychnis so reines Roth ist, daſs man, wenn es allein auf Schwarz liegt, schwerlich eine Spur von blauem Rande entdecken wird, so kann der Rand k i m l nur von dem stärker gebrochenen Blau herrühren. Wäre der rothe Streif breiter, so sähe man das Blau auf dem Roth, wo es dann eine gemischte Farbe darstellte. Die zweite Abänderung des Versuchs ist folgende: man lege auf das rothe Parallelogramm ein blaues kleines Blättchen so, daſs es rundum von Roth umgeben ist; man betrachte nun die Figur durch das Prisma, so erscheint die Stelle, wo das blaue Blättchen liegt, völlig schwarz, dagegen sieht man weit unterhalb (wenn das rothe Parallelogramm groſs genug und der brechende Winkel nach unten gekehrt ist,) das blaue Blättchen auf dem Roth. Hier nämlich kommen, durchs Prisma gesehen, die rothen Strahlen von a, b, so ins Auge, daſs man sie als aus α, β kommend sieht; aber da das blaue Viereck zwischen a b keine (oder unmerklich wenige) rothe Lichtstrahlen darbietet, so hat der Raum zwischen α β gar keine Farbe, sondern ist schwarz, (es kommt in dieser Richtung gar kein Licht ins Auge), das Blau erscheint dagegen bei $\gamma\delta$ auf dem Roth. — Der Versuch würde noch überzeugender seyn, wenn er mit Roth auf Blau ebenso voll-

Fig. 234.

Fig. 235.

kommen glückte, was aber bei der mindern Reinheit des Blau nicht möglich ist. Am besten gelingt er noch, wenn man ein rothes Blättchen cd so auf blauen Grund legt, dafs d in der untern Seitenlinie liegt, dann sieht man durchs Prisma das Roth etwa in $\gamma\delta$, dagegen ist bei $\epsilon\zeta$ ein fast ganz schwarzer Einschnitt. — Fig. 236.

3. NEWTONS zweiter Versuch beruht zwar auf der Bestimmung des Ortes, wo bei verschiedener Brechung das Bild eines Gegenstandes entsteht[1], er gehört aber dennoch ganz hieher. Hat man nämlich ein convexes Glas, dessen Querschnitt AB vorstellt, so erhält man von jedem Puncte C ein Bild an der andern Seite des Glases und kann leicht eine Stellung des Glases finden, wobei das Bild völlig deutlich ist. Bricht ein Glas die Lichtstrahlen mehr als ein andres, so liegt bei jenem das Bild D näher, bei diesem das Bild E entfernter, und eben das müfste nun in Beziehung auf ungleichartige Lichtstrahlen erfolgen, wenn dasselbe Glas einige Lichtstrahlen stärker, andere schwächer bräche. NEWTON stellte daher in C jenes roth und blau gefärbte Papier auf, über welches er hie und da sehr feine schwarze Seidenfäden gezogen hatte, und suchte zuerst den Punct E, wo sich der rothe Theil deutlich, also so, dafs man die schwarzen Fäden genau begrenzt sah, im Bilde darstellte; in dieser Stellung sah er die Fäden auf dem blauen Theile undeutlich, und mufste die weifse Fläche, worauf das Bild aufgefangen wurde, näher heran nach D schieben, damit der blaue Theil mit seinen Fäden deutlich erschiene, wobei aber die Deutlichkeit des rothen Theiles verloren ging. —[2]. Fig. 237.

4. Damit scheint zwar die ungleiche Brechbarkeit der Farbenstrahlen schon erwiesen; aber eine andre Erscheinung, die Entstehung der Farben aus weifsem Lichte, erfordert eine noch nähere Betrachtung, und selbst die Behauptung, dafs die Brechbarkeit ungleich sey, verdient noch eine strengere Prüfung. Wenn man durch eine kleine runde

1 Vergl. *Bild* und *Linsengläser*.

2 v. GÖTHE versichert, dafs dieser Versuch ihm nie das Resultat gegeben habe; es wäre wohl der Mühe werth, die Umstände, worauf dies beruhen mag, zu untersuchen, wozu ich die Mittel nicht besitze.

Oeffnung Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer fallen läfst, und dem einfallenden Sonnenstrahle eine Ebene senkrecht entgegen stellt, so erhält man auf dieser Ebene ein rundes Sonnenbild, dessen Gröfse sich leicht bestimmen läfst, wenn man sich Linien vom Rande der Sonne durch die Grenzen der Oeffnung bis an jene Ebene gezogen denkt. Auch wenn die Lichtstrahlen gebrochen werden, so müfsten sie, wofern die Brechung bei allen gleich wäre, ein rundes Bild auf einer ihnen entgegengestellten Fläche darbieten, oder wenigstens würde das Bild nur sehr wenig (und es läfst sich leicht berechnen, wie viel,) vom Kreise verschieden seyn. Aber wenn man das durch eine enge Oeffnung einfallende Sonnenlicht mit einem dreiseitigen Prisma auffängt, und dem durchs Prisma gebrochenen Lichte eine Ebene so entgegenstellt, dafs sie senkrecht gegen die jetzige Richtung des Strahles ist, so erhält man nicht mehr ein rundes, sondern ein sehr verlängertes Bild, und dieses Bild zeigt zugleich alle Farben. Dieses längliche Bild hat genau die Breite, welche es nach der eben erwähnten Berechnung bei gleicher Brechung aller Lichtstrahlen haben sollte, und diese Breitendimension ist den Kanten des Prismas parallel; die Länge hingegen, die viel gröfser ist, hängt von einem näher zu untersuchenden Umstande ab.

Da wir uns im Vorigen schon überzeugt haben, dafs ein blauer Lichtstrahl mehr als ein rother gebrochen wird, so werden wir es wohl als gewifs annehmen können, dafs ein rother und ein blauer Lichtstrahl, die in a b parallel einfielen, nach der Brechung im dreiseitigen Prisma LMN nicht parallel bleiben, sondern der eine nach c d, der andere nach c f fortgehen werde, und dafs folglich das in d auf einer Tafel aufgefangene Roth, von dem in f aufgefangenen Blau viel entfernter liegen wird, als es der Fall war, wenn man die parallelen Strahlen a b ihr Licht auf eine zwischen a, b, senkrecht auf a b gesetzte Tafel werfen liefs. Gerade so aber, wie hier der rothe und blaue Strahl aus einander gebrochen werden, sehen wir die aus dem weifsen Sonnenlichte entstehenden Farbenstrahlen aus einander gebrochen, und auch hier fällt im Farbenbilde das *Roth* an die Stelle, wo es die

Fig. 238.

geringste Brechung fordert; dann folgen immer stärker gebrochen, *Orange*, *Gelb*, *Grün*, *Blau*, *Violett*, und wir finden uns daher veranlaſst zu sagen: jener weiſse Sonnenstrahl, der auf das Prisma auffiel, enthält schon alle jene Farbenstrahlen in sich, die erst nach der Brechung wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit von einander getrennt erscheinen. Diese Behauptung spricht nichts weiter aus, als was die Erscheinung selbst darbietet. Wir sehen nämlich die aus dem Prisma ausfallenden Strahlen eben die Wege verfolgen, welche ein *rother*, *orangefarbener*, *gelber*, *grüner*, *blauer*, *violetter* Strahl verfolgen würden, wenn sie jeder einzeln, auf denselben Punct des Prisma's, parallel unter sich, einfielen, und wir sehen daher den weiſsen Strahl, den wir als einfallend wahrnehmen, so an, als ob er alle jene in sich enthielte. Und wir sind hierzu auch um so mehr berechtiget, da die aus dem Prisma hervorgehenden Farbenstrahlen, wenn man sie durch ein Linsenglas vereiniget, wieder ein eben solches Sonnenbild geben, wie sie es thäten, wenn man sie vor der Zerlegung in Farbenstrahlen aufgefangen hätte.

Indeſs sind hierbei noch mehrere Umstände zu erwägen. Wenn man die Sonnenstrahlen durch eine sehr kleine Oeffnung einfallen läſst, so stellt sich, so lange die Strahlen noch nicht durch das Prisma gebrochen sind, ein rundes Sonnenbild dar; wären die Sonnenstrahlen alle *roth*, so würde auch nach der Brechung im Prisma das Sonnenbild roth und kreisförmig in G A erscheinen; wären alle Sonnenstrahlen violett, so würde auch nach der Brechung ein rundes Sonnenbild von violetter Farbe in M F erscheinen; statt dieser einzelnen runden Bilder aber sehen wir ein längliches Bild, das an den Seiten mit parallelen Linien, und an beiden Enden mit Halbkreisen begrenzt ist. Dieses längliche Bild entsteht dadurch, daſs zwischen dem äuſsersten rothen Kreise A P G R den eine *rothe* Sonne darstellen würde, und dem äuſsersten violetten Kreise F T M den eine *violette* Sonne zeigen würde, eine ganze Folge anderer kreisförmiger Sonnenbilder von minder brechbaren Farben liegen, die sich einander bedecken und daher in Puncten, wie R ein aus verschiedenen Farben gemischtes Licht hervorbringen. Man er-

Fig. 239.

hält daher, wie schon NEWTON zeigt, ein reineres Farbenbild, wenn man das Sonnenbild weniger breit zu erhalten sucht, damit keine solche Mischung der in m f und der in e l dargestellten, ziemlich weit von einander entfernten Farben statt finde. Um ein solches schmäleres Bild zu erhalten, liefs NEWTON das Sonnenlicht durch ein etwas gröfseres Loch a b einfallen, stellte aber dann den so einfallenden Sonnenstrahlen in ziemlicher Entfernung eine zweite Tafel mit einem ganz kleinen Loche c entgegen; dann war der Durchmesser des bei d e aufgefangenen Bildes nur so grofs als der Winkel a c b es forderte, also kleiner als das vorhin betrachtete Sonnenbild in eben dem Verhältnisse, in welchem a c b zum scheinbaren Sonnendurchmesser stand. Und dieser Bestimmung gemäfs fand sich dann auch die Breite m f des prismatischen Farbenbildes vermindert, während seine Länge, nämlich die Länge seiner Seiten a f, g m dieselbe blieb, wie vorhin. Diese nämlich wird durch den Winkel bestimmt, den die am wenigsten und die am meisten gebrochenen Strahlen mit einander machen und da sie dieselbe bleibt, wenn man dem Prisma und der Tafel, worauf das Farbenbild aufgefangen wird, dieselbe Stellung giebt, so erhellet, dafs die Brechbarkeit der einzelnen Farbenstrahlen bei jenem gröfsern Sonnenbilde und bei diesem kleineren ganz gleich sey.

Fig. 240.

Fig. 241.

Schon in diesem Versuche liegt ein Beweis, dafs das längliche Farbenbild eigentlich als ein aus einzelnen farbigen Kreisen zusammengesetztes Bild anzusehen ist, das durch eine ganze Folge ungleich brechbarer Strahlen gebildet wird, unter welchen wir nur die am auffallendsten verschiedenen als die Hauptfarben gebend zu unterscheiden gewohnt sind, wenn gleich dazwischen noch eine Menge von Farben-Abstufungen liegen. Aber noch mehr zeigt diese runden Farbenbilder ein Versuch, den von MÜNCHOW angestellt hat, und bei welchem es durch Gläser, die man zwischen das Prisma und das aufgefangene Farbenbild einschob, gelang, einige dieser einzelnen Farbenbilder deutlich zu sehen. Liefs er z. B. das Licht durch drei starke Gläser, eines von violetter, eines von kobaltblauer, eines von okerartiger rothbrauner Farbe gehen, so erhielt er das Farbenbild mit solchen Lücken, dafs die Ränder der zinnoberrothen und gelbgrünen Sonnen-

bilder sich hinreichend deutlich zeigten; fügte er noch ein etwas heller violettes Glas hinzu, so waren alle mittleren Farben aufgehoben und nur eine schöne zinnoberrothe und eine schwach violette Sonnenscheibe blieben sichtbar[1].

5. Diese Betrachtungen sind es, die uns berechtigen, das farbenlose Sonnenlicht, und so auch das von weifsen Gegenständen herkommende Licht als alle Farbenstrahlen enthaltend anzusehen; aber die so hervorgehenden Farbenstrahlen sind nun auch, nachdem sie getrennt sind, ungleich brechbar und jeder von eben der Brechbarkeit, die er bei der Zerlegung des weifsen Lichtes zeigte.

Newton zeigt dieses vorzüglich durch zwei Versuche[2]. Wenn man die aus dem horizontalen Prisma A B C hervorgehenden Strahlen, von welchen wir schon wissen, dafs sie in der Richtung über D H hinaus ein Farbenbild darstellen würden, in D H auf einem zweiten verticalen Prisma, dessen Axe mit der verlängerten Richtung des Farbenbildes parallel ist, auffängt, so erhält man statt des Farbenbildes P T, welches nach der verticalen Richtung verlängert war, ein nach geneigter Richtung verlängertes Farbenbild. Diese Stellung des Farbenbildes läfst sich leicht erklären; denn es ist schon bekannt, dafs alle von A B nach P T zu gehenden Strahlen, indem sie auf das zweite *Prisma* auffallen, nach der Seite gebrochen werden müssen. Wären nun alle diese Strahlen in gleichem Grade brechbar, so würde etwa in π t ein dem vorigen Farbenbilde paralleles Farbenbild entstehen; das aber zeigt sich nicht, sondern die *violetten* Strahlen geben in p ein weiter von P entferntes Bild und sind also stärker gebrochen, die *rothen* Strahlen geben in t ein weniger von T entferntes Bild, und sind also weniger als alle übrigen gebrochen; die zwischenliegenden Strahlen zeigen eine mittlere Brechbarkeit.

Fig. 242.

Eben diese ungleiche Brechbarkeit zeigt ein zweiter Versuch[3]. Man stelle einem, durch eine nicht allzu kleine Oeffnung einfallenden, Lichtstrahle das Prisma A B C entgegen, so wird sich auf der Tafel D E, oder wenn die Oeffnung G

Fig. 243.

1 Astron Zeitschrift von v. Lindenau und v. Bohnenberger. II. 455.
2 Optice. Lib. I. Propos. 2. Exper. 5.
3 Optice. Lib. I. Prop. 2. Exp. 6.

grofs genug ist, auch auf der Tafel de das verlängerte Farbenbild darstellen. Sind aber in beiden Tafeln nur so kleine Oeffnungen, dafs sie von einer einzigen Farbe des Farbenbildes ganz bedeckt werden, oder nur ein einfarbiger Strahl durch sie hindurch gelassen wird; dann wird man durch eine allmälige Drehung des Prisma's bewirken können, dafs bald der *rothe*, bald der *gelbe*, bald der *blaue* Strahl auf die Oeffnung G falle und sich folglich ein eben so gefärbtes Bild auf der Wand in Z zeige. Fängt man nun diesen einfarbigen Strahl mit einem Prisma abc auf, so wird der von g kommende Strahl, durch dasselbe abermals gebrochen in M ein farbiges Bild, und zwar nur einfarbig, von eben der bei g durchgelassenen Farbe, darstellen. Aber dieses Bild bleibt nicht an derselben Stelle, wenn man bald den rothen, bald den blauen Strahl durch g einfallen läfst, sondern obgleich die zwei Oeffnungen Sicherheit gewähren, dafs der einfallende Strahl immer auf einerlei Weise auf das Prisma abc auffällt, so erhält dennoch das Bild für den einfallenden *rothen* Strahl die Lage, welche einer geringeren Brechung, das Bild für den einfallenden *blauen* Strahl die Lage, welche einer stärkeren Brechung entspricht; und auch diese getrennten, aus dem Sonnenlichte durch die erste Brechung erhaltenen Farbenstrahlen zeigen also die *ungleiche Brechbarkeit*, die wir vorhin an ihnen bemerkten.

6. Endlich giebt auch die im Artikel Brechung (Nr. 4 und Nr. 24 (3)) erklärte Erscheinung einen Beweis für die *ungleiche Brechbarkeit* der verschiedenen Farbenstrahlen. Es wird wird nämlich der Lichtstrahl, wenn er aus dem Prisma in die Luft hervordringen soll, aber der Sinus des Brechungswinkels für die stärker brechbaren Strahlen gröfser, für die minder brechbaren Strahlen etwas kleiner als 1 ist, nur zum Theil zurückgeworfen und zum Theil durchgelassen.

Fig. 244. Man wählt zu diesem Versuche am besten ein dreiseitiges Prisma, dessen zwei Winkel B = C so grofs sind, dafs Sin. B. mit der Zahl, welche das Brechungsverhältnifs ausdrückt, multiplicirt, ungefähr = 1 giebt. Läfst man nun den von F herkommenden Lichtstrahl ungefähr senkrecht auf AC auffallen, so kann man durch eine kleine Drehung

des Prisma's die Stellung finden, wobei der ganze Lichtstrahl nicht mehr bei M ausfährt, sondern nach MN zurückgeworfen wird; stellt man aber den Versuch etwas sorgfältiger an, indem man durch *langsame* Drehung des Prisma's nach der Richtung, welche die Ordnung der Buchstaben A, B, C, angiebt, zu der Zurückwerfung zu gelangen sucht, so nimmt man wahr, daſs die *am meisten brechbaren* Strahlen, die violetten und blauen, schon nach N zurückgeworfen werden, wenn die übrigen (die grünen, gelben, rothen), noch bei HG ein Farbenbild, welchem jene zurückgeworfene Farben fehlen, darstellen; man nimmt ferner wahr, daſs bei etwas weiterer Drehung des Prisma's auch die F grünen Farbenstrahlen mit nach N zurückgeworfen werden und dort ein grünlichblaues Bild geben, während dem Farbenbilde HG nun das Grün fehlt; und so kann man fortfahren, bis alle Strahlen nach N zurückgeworfen worden, wo sie dann ein weiſses Bild geben, oder einen weiſsen Strahl bilden, der auf ein neues Prisma vxy fallend sich wieder aufs neue in Farbenstrahlen zerlegen läſst.

7. Alle diese Versuche zeigen deutlich, daſs die rothen Lichtstrahlen *weniger brechbar* als die blauen sind, oder da man eben die Versuche für die zwischen liegenden Farbenstrahlen anstellen kann, daſs die Farbenstrahlen so in der Ordnung folgen, daſs der rothe am *wenigsten brechbar* ist, und Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, mit immer *stärkerer Brechbarkeit* auf einander folgen. —

Die Frage über die Anzahl der aus dem weiſsen Lichte entstehenden Farbenstrahlen, über die verhältniſsmäſsige Ausdehnung derselben im Farbenbilde, über den Ursprung der verschiedenen Eindrücke im Auge u. s. w. gehört nicht hieher und wird in den Artikeln: *Farbenlehre, Farbenbild* u. s. w. vorkommen. Ebenso übergehe ich hier die Erklärung der Erscheinungen, die sich durch das Prisma zeigen, der Entstehung der Farbenränder an der Grenze des Weiſs u. s. w.

Geschichte dieser Lehre.

8. Newton hat zuerst diese ungleiche Brechbarkeit der Farbenstrahlen gelehrt, und seine Versuche, von denen ich einige der wichtigsten angeführt habe, geben dem,

der einen rein geometrischen Gegenstand geometrisch aufzufassen weiſs, den vollkommensten Beweis für die Newtonsche Behauptung. Diese Lehre hatte sich dem Wesentlichen nach von allen Seiten so bewährt, daſs die Einwürfe, mit denen Newton anfangs zu kämpfen hatte, so gut wie vergessen waren; die achromatischen Fernröhre und Prismen selbst, (obgleich Newton durch die individuelle Art seiner Versuche verleitet, eine solche Aufhebung der Farbenzerstreuung für unmöglich hielt) wurden nach den Regeln, welche aus der ungleichen Brechbarkeit der Lichtstrahlen folgen, berechnet, und die groſse Vervollkommnung unsere optischen Werkzeuge legt ein Zeugniſs ab für die Richtigkeit der Theorie, nach welcher man sie anordnete. Es war daher eine unerwartete Erscheinung, daſs von Göthe, der die Entstehung der Farben anders zu erklären suchte, und in geometrischen Untersuchungen ungeübt war, Newton zu widerlegen suchte [1]. Da mir hier unmöglich zugemuthet werden kann, daſs ich seine Einwürfe einzeln prüfe, so will ich nur an einem einzigen zeigen, wie nöthig es ist, den Gegenstand strenge und geometrisch aufzufassen, ehe man entscheiden kann, ob selbst die dem Anschein nach gründlichsten Einwürfe das Gewicht haben, das man beim ersten Blicke geneigt ist, ihnen beizulegen.

Als einen der wichtigsten Einwürfe führt v. Göthe [2] folgenden Versuch an, welcher, wie er glaubt, *„die Newtonische Theorie von Grund aus zerstört"*, und von dem man gestehen muſs, daſs er allerdings auf den ersten Blick von Gewicht zu seyn scheint. Der Versuch ist folgender: „Man „verschaffte sich ein längliches Blech, das mit den Farben in „der Ordnung des prismatischen Bildes angestrichen ist. „Dieses Blech legten wir in einen viereckten blechernen „Kasten und stellten uns so, daſs es ganz von dem einen „Rande desselben für das Auge zugedeckt war. Wir lies„sen alsdann Wasser hineingieſsen, und die Reihe der sämmt„lichen Farbenbilder stieg gleichmäſsig über den Rand dem

1 Zur Farbenlehre von Göthe.

2 Farbenlehre, 2ter. Th. S. 435.

„Auge entgegen; da doch, wenn sie divers refrangibel wä„ren, die einen vorauseilen und die andern zurückbleiben „müfsten". — Der Schlufs ist *ganz* richtig, nur fragt sich, wie viel denn dieses Voreilen und Zurückbleiben wohl betragen könne, und ob unser Auge, weil es wenig betragen wird, es zu unterscheiden im Stande sey. Da v. Göthe seinen Versuch nicht mit Angabe der genauen Abmessungen beschreibt, so will ich zuerst eine allgemeine Rechnung führen und diese dann auf einen Fall, der mir ungefähr für einen Versuch passend scheint, anwenden. Es sey E der unter dem Wasser liegende Punct, O das Auge, AB die Wasserfläche: so wird der rothe Strahl etwa so wie ECO, der blaue Strahl etwa so wie EDO zum Auge gelangen, und es ist zu bestimmen, ob der Winkel DOC so grofs ist, dafs man bei dem angeführten Versuche ihn deutlich wahrnehmen kann. Ich nenne $AB = a$, $AE = b$, $OB = c$, wenn nämlich AE, OB senkrecht auf AB sind, und $AC = x$; das Brechungsverhältnifs sey $= n$, so ist bekanntlich

Fig. 248.

$n. \operatorname{Cos.} ECA = \operatorname{Cos.} OCB$, oder

$$\frac{nx}{\sqrt{(b^2+x^2)}} = \frac{a-x}{\sqrt{(c^2+(a-x)^2)}},$$

das ist $n^2c^2x^2 + n^2x^2(a-x)^2 = b^2(a-x)^2 + x^2(a-x)^2$

oder $n^2c^2x^2 + (n^2-1)x^2(a-x)^2 = b^2(a-x)^2$;

$$\text{oder } x^4 - 2ax^3 + \left(a^2 + \frac{n^2}{n^2-1}c^2 - \frac{b^2}{n^2-1}\right)x^2$$

$$+ \frac{2ab^2}{n^2-1}x - \frac{a^2b^2}{n^2-1} = 0$$

Hierdurch wird der Punct C bestimmt, wenn man n dem Brechungsverhältnisse für rothe Strahlen gemäfs annimmt, und der Punct D wird bestimmt, wenn man *n* so annimmt, wie es für blaue Strahlen pafst; jener Werth ist nach Newton $= \frac{108}{81}$, dieser dagegen $\frac{190}{81}$. Um ein Beispiel zu geben, setze ich $a = 1$, $b = 0,2$ $c = 0,05$; denn um die Brechung grofs zu erhalten, mufs man die Stellung des Auges ziemlich niedrig wählen. Dann ist für die rothen Strahlen die obige Gleichung

der einen rein geometrischen Gegenstand geometrisch aufzufassen weifs, den vollkommensten Beweis für die Newtonsche Behauptung. Diese Lehre hatte sich dem Wesentlichen nach von allen Seiten so bewährt, dafs die Einwürfe, mit denen Newton anfangs zu kämpfen hatte, so gut wie vergessen waren; die achromatischen Fernröhre und Prismen selbst, (obgleich Newton durch die individuelle Art seiner Versuche verleitet, eine solche Aufhebung der Farbenzerstreuung für unmöglich hielt) wurden nach den Regeln, welche aus der ungleichen Brechbarkeit der Lichtstrahlen folgen, berechnet, und die grofse Vervollkommnung unsere optischen Werkzeuge legt ein Zeugnifs ab für die Richtigkeit der Theorie, nach welcher man sie anordnete. Es war daher eine unerwartete Erscheinung, dafs von Göthe, der die Entstehung der Farben anders zu erklären suchte, und in geometrischen Untersuchungen ungeübt war, Newton zu widerlegen suchte [1]. Da mir hier unmöglich zugemuthet werden kann, dafs ich seine Einwürfe einzeln prüfe, so will ich nur an einem einzigen zeigen, wie nöthig es ist, den Gegenstand strenge und geometrisch aufzufassen, ehe man entscheiden kann, ob selbst die dem Anschein nach gründlichsten Einwürfe das Gewicht haben, das man beim ersten Blicke geneigt ist, ihnen beizulegen.

Als einen der wichtigsten Einwürfe führt v. Göthe [2] folgenden Versuch an, welcher, wie er glaubt, *„die Newtonische Theorie von Grund aus zerstört“*, und von dem man gestehen mufs, dafs er allerdings auf den ersten Blick von Gewicht zu seyn scheint. Der Versuch ist folgender: „Man „verschaffte sich ein längliches Blech, das mit den Farben in „der Ordnung des prismatischen Bildes angestrichen ist. „Dieses Blech legten wir in einen viereckten blechernen „Kasten und stellten uns so, dafs es ganz von dem einen „Rande desselben für das Auge zugedeckt war. Wir liessen alsdann Wasser hineingiefsen, und die Reihe der sämmt„lichen Farbenbilder stieg gleichmäfsig über den Rand dem

[1] Zur Farbenlehre von Göthe.

[2] Farbenlehre, 2ter. Th. S. 435.

„Auge entgegen, da doch, wenn sie divers refrangibel wä-
„ren, die einen voraneilen und die andern zurückbleiben
„müfsten". — Der Schlufs ist ganz richtig, nur fragt sich,
wie viel denn dieses Voreilen und Zurückbleiben wohl betragen
könne, und ob unser Auge, weil es wenig betragen
wird, es zu unterscheiden im Stande sey. Da v. GÖTHE
seinen Versuch nicht mit Angabe der genauen Abmessungen
beschreibt, so will ich zuerst eine allgemeine Rechnung
führen und diese dann auf einen Fall, der mir ungefähr für
einen Versuch passend scheint, anwenden. Es sey E Fig.
der unter dem Wasser liegende Punct, O das Auge, AB 248.
die Wasserfläche; so wird der rothe Strahl etwa so wie ECO,
der blaue Strahl etwa so wie EDO zum Auge gelangen, und
es ist zu bestimmen, ob der Winkel DOC so grofs ist, dafs
man bei dem angeführten Versuche ihn deutlich wahrnehmen
kann. Ich nenne $AB = a$, $AE = b$, $OB = c$, wenn
nämlich AE, OB senkrecht auf AB sind, und $AC = x$;
das Brechungsverhältnifs sey $= n$, so ist bekanntlich

$$n. \operatorname{Cos.} ECA = \operatorname{Cos.} OCB, \text{ oder}$$

$$\frac{nx}{\sqrt{(b^2 + x^2)}} = \frac{a - x}{\sqrt{(c^2 + (a - x)^2)}},$$

das ist $n^2 c^2 x^2 + n^2 x^2 (a - x)^2 = b^2 (a - x)^2 + x^2 (a - x)^2$

oder $n^2 c^2 x^2 + (n^2 - 1) x^2 (a - x)^2 = b^2 (a - x)^2$;

$$\text{oder } x^4 - 2ax^3 + \left(a^2 + \frac{n^2}{n^2 - 1} c^2 - \frac{b^2}{n^2 - 1}\right) x^2$$

$$+ \frac{2ab^2}{n^2 - 1} x - \frac{a^2 b^2}{n^4 - 1} = 0$$

Hierdurch wird der Punct C bestimmt, wenn man n dem
Brechungsverhältnisse für rothe Strahlen gemäfs annimmt,
und der Punct D wird bestimmt, wenn man n so annimmt,
wie es für blaue Strahlen pafst; jener Werth ist nach NEWTON
$= \frac{108}{81}$, dieser dagegen $\frac{109}{81}$. Um ein Beispiel zu geben,
setze ich $a = 1$, $b = 0,2$ $c = 0,05$; denn um die
Brechung grofs zu erhalten, mufs man die Stellung des Auges
ziemlich niedrig wählen. Dann ist für die rothen Strahlen
die obige Gleichung

Beschleunigung wächst, je dünner die Wassermasse auf der ansteigenden Sandfläche wird; die Reibung am Boden wirkt ihrem untern Theile entgegen, und so thürmt sich das Ganze zu einer vorwärts überhängenden Woge von unbegreiflicher Höhe auf, die an einigen Orten bis auf 15 und 20 Fuſs gehen soll, und stürzt dann wie ein breiter Wasserfall mit ungeheurem Getöse herab. Da diese Wellenbewegung nicht die Wirkung eines auf die Küste treibenden Windes ist, so prallt die Welle auch meistens mit groſser Gewalt wieder vom Ufer zurück und dieses ist es, was das deutsche Wort *Widersee* ausdrückt. Diese heftige Bewegung des Wassers macht im freien Oceane selbst an flachen, sandigen Ufern das Landen häufig unmöglich, indem die rasch heranrollenden Wellen das Boot, so wie es dem Gestade sich näherte, abwechselnd aufheben, und auf den Boden niederschmettern würden. In dieser Hinsicht ist die Brandung auch ein nicht unwichtiges Hinderniſs der nähern Untersuchung neuer Inseln und Küsten, und mancher daselbst anzustellenden nützlichen Forschung, und sie erschwert besonders auch die Beobachtung der Ebbe und Fluth, indem z. B. um den Aequator die Fluthöhe von der zufälligen Schwellung des Wassers übertroffen wird. Auch auf mehreren, von den Europäern bewohnten Plätzen, z. B. in Ostindien, ist diese Schwellung bedeutend, und erfordert eigene starke Boote, die beim Anlanden von den schnell herausspringenden Matrosen sogleich ans höhere Ufer hinaufgezogen werden, ehe die rückkehrende Welle das Fahrzeug ergreift. An Klippen zerschlägt sich das Wasser mit solcher Wuth, daſs es eine, von Weitem, selbst bei Nacht, sichtbare schäumende Masse bildet, die schon manchem Schiff, noch eben zu rechter Zeit, die drohende Gefahr verrieth. Die Brandung verursacht ein eigenes lautes Gebrülle, das von dem gewöhnlichen Rauschen des Wassers und von dem Brausen der Wogen im Sturme durch einen vollern Ton sich unterscheidet, und dem aufmerksamen Schiffer selbst im Nebel und bei Nacht die Nähe verderblicher Klippen verkündet. Hinter den Klippen, mit welchen so viele Inseln der Südsee wie umzäunt sind, ist das Wasser vollkommen ruhig, so daſs schon oft Schiffe, die der Sturm unwiderstehlich auf ein Felsenriff hintrieb, durch

muthvolles Uebersetzen desselben an einer etwas offenern Stelle ihre Rettung fanden.

Im Englischen nennt man auch *Breakwater*, Wasserbrecher, franz. Battre d'eau irgend einen Damm am Eingange eines Hafens, um die Wuth der Wellen zu brechen, und den dahinter liegenden Schiffen Schutz zu gewähren, er mag nun aus Stein oder Holz oder versenkten Schiffen bestehen. Die gröfsten Werke dieser Art sind der Hafenbau zu Cherbourg an der Westküste von Frankreich, und der neue Wehrdamm zu Plymouth an der Südwestspitze Englands[1]. *H.*

Brechbarkeit.

Refrangibilitas; Réfrangibilité; *Refrangibility.* Die Brechbarkeit der Lichtstrahlen ist die Eigenschaft, vermöge welcher sie fähig sind, die Aenderung der Richtung, welche wir Brechung nennen, beim Eintritt in einen andern Körper zu leiden. Hierüber würde aufser dem, was der Art. *Brechung* enthält, nichts weiter zu sagen seyn, wenn nicht die *ungleiche Brechbarkeit* der verschieden farbigen Strahlen eine genaue Betrachtung verdiente.

Beweise für die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Strahlen.

1. Dafs wir das Licht, welches in unserm Auge die Empfindung des *Roth* hervorbringt, rothes Licht nennen, also von rothen Lichtstrahlen sprechen dürfen, brauche ich wohl nicht weitläuftig zu erklären. Da wir nämlich bemerken, dafs Körper, die wir in das Roth des prismatischen Farbenbildes bringen, roth erscheinen, so ist es am natürlichsten, sie als von rothem Lichte erleuchtet, zu bezeichnen; eben so sagen wir, von einem grünen Baume gehen grüne Lichtstrahlen aus, weil eine im Dunkeln liegende weifse Wand, wenn sie kein anderes Licht empfängt, als das von einem hell

1 Ueber beide Arbeiten findet sich ein sehr ausführlicher Bericht von Barrow in den Supplementen zu der Encycloped'a Britannica Art. *Breakwater*, so wie auch eine interessante Nachricht von Krusenstern über den Bau in Plymouth, in G. LX. 113.

erleuchteten grünen Baume, uns grün erscheint u. s. w. Diese verschiedenen Farbenstrahlen nun würden wir ungleich brechbar nennen müssen, wenn für den einen die Ablenkung von der ursprünglichen Richtung unter sonst ganz gleichen Umständen stärker wäre, als für den andern, oder wenn parallel auf eine Ebene auffallende Strahlen von verschiedener Farbe nach der Brechung nicht mehr parallel wären.

Das Prisma, welches sich überhaupt so bequem zeigt, um die Gröfse der Brechung zu bestimmen, ist zu Endscheidung der Frage über die ungleiche Brechbarkeit ganz vorzüglich brauchbar. Es erhellet nämlich erstlich, dafs ein rother Körper durch das Prisma gesehen, uns weniger von seinem wahren Orte entfernt scheinen mufs, als ein unmittelbar neben ihm liegender blauer Körper, wenn der rothe Lichtstrahl minder brechbar als der blaue ist; es erhellet ferner, dafs wenn man den Weg des einfallenden und gebrochenen Lichtstrahls verfolgt, sich die ungleiche Brechung[1] mufs bestimmen lassen, und wir haben also Mittel genug, die Frage, ob die verschiedenen Farbenstrahlen ungleich brechbar sind, zu prüfen.

2. Newton stellte, um zu zeigen, dafs die von rothen und blauen Körpern ausgehenden Strahlen ungleich brechbar sind, vorzüglich folgende zwei Versuche an. *Erster Versuch.* Man nimmt[2] ein rechtwinklig viereckiges schwarzes Papier, zieht darauf eine, das Ganze halbirende gerade Linie mit dem einen Seitenhaare parallel, und färbt die eine Hälfte mit möglichst reinem *Roth*, die andere mit möglichst reinem *Indigo* blau. Man hält dann das Prisma so, dafs seine Kanten der getheilten Seite des Parallelogramms parallel sind, und betrachtet durch das Prisma jene verschiedenfarbig übermalte Figur, die man auf schwarzen Grund legt. Man sieht dann, wenn der brechende Winkel nach unten gekehrt ist, den blauen Theil der Figur viel weiter hinabgerückt, als den rothen; jenes

1 Vergl. *Brechung.* No. 9.

2 Newtoni optice sive de reflexionibus, refractionibus et coloribus lucis, libri III. Lib. I. Propos. I. Exp. 1.

gefärbte Papier erscheint nämlich nicht mehr als ein einziges Parallelogramm HDIE, sondern so getheilt, wie dgfe es zeigt. Diese Erscheinung kann nach mathematischen Regeln nicht anders als durch eine stärkere Brechung der blauen Strahlen erklärt werden. Denn wenn von zwei neben einander liegenden Puncten ein blauer und ein rother Lichtstrahl auf das Prisma fallen, die ich, als hinter einander liegend beide durch AB andeute, und es kommt der eine auf dem Wege ABFG, der andere auf dem Wege ABHI ins Auge, so erhellet, daſs der letztere stärker als der erstere gebrochen ist, und das Auge wird dann das Rothe und Blaue nicht mehr *neben einander*, sondern das Blau in einer *tiefern* Stellung zu sehen glauben, so wie die Figur es zeigt.

Fig. 233.

Dieser Versuch würde gar nichts zu wünschen übrig lassen, wenn unter unsern Färbestoffen sich einer befände, der ein vollkommen reines Blau darstellte, oder der uns ein blaues Parallelogramm lieferte, welches durchs Prisma gesehen von allen Farbenrändern ganz frei wäre; da aber der Versuch desto vollkommener ausfällt, je reineres Blau man nimmt, und da man einen ganz ähnlichen Farbenrand, der bei minder reinem Roth entsteht, fast ganz wegschaffen kann, wenn man recht reines Roth nimmt, so erhellet wohl, daſs wir Recht haben, wenn wir diese Unvollkommenheit dem Mangel eines vollkommen reinen Blau zuschreiben. Daſs wir hierin Recht haben, läſst sich durch folgenden Versuch noch deutlicher machen. Man lege auf jenes blaue Parallelogramm[1] am obern Rande in a ein kleines Stückchen rothes Siegellack (einige abgeschabte Stäubchen), so sieht man diesen rothen Fleck in *α* auf der verlängerten dh; man lege eben dahin in a ein dunkelgrünes Blättchen, so sieht man es nicht in *α*, sondern in *β* u. s. w.; man ist also wohl berechtigt zu sagen, daſs auch die für unser Auge nicht so merklichen rothen Pünctchen, die im Blau eingemischt vorhanden sind, uns in *α* als rother Rand, die grünen Pünct-

Fig. 232.

1 Man kann sich hier und im Vorigen sehr gut der Figur bedienen, die in v. Göthes Farbenlehre Taf. III. auf schwarzem Grunde gezeichnet ist.

chen uns in β als grüner Rand erscheinen müssen; und es scheint mir nicht, dafs wir uns hier vor dem Verdachte, als ob dieses nur eine fingirte Hülfshypothese sey, die wir um die Hypothese von der ungleichen Brechbarkeit zu retten, zu Hülfe nähmen, zu fürchten brauchen.

Ich will noch zwei andere Abänderungen dieses Versuches anführen, die mir sehr überzeugend scheinen. Den ersten habe ich mit den brennend rothen Blumenblättern der lychnis chalcedonica und den ziemlich rein blauen Blättern der convolvulus tricolor angestellt, aus welchen ich Streifchen schnitt und sie (möglichst geebnet) auf schwarzem Grunde so auf einander legte, dafs der blaue Rand abdc oben vorragte, während bei ef nichts blaues zu sehen war; besieht man diese Streifen durch das Prisma mit nach unten gekehrtem brechenden Winkel, so sieht man, wenn ac nicht über $\frac{1}{3}$ Linie breit ist, oben gar nichts blaues mehr, sondern ghik ist roth, und hat unten (wenn auch ce nicht über $\frac{1}{2}$ L. ist,) einen blauen Rand. Da nun das Blatt der lychnis so reines Roth ist, dafs man, wenn es allein auf Schwarz liegt, schwerlich eine Spur von blauem Rande entdecken wird, so kann der Rand kiml nur von dem stärker gebrochenen Blau herrühren. Wäre der rothe Streif breiter, so sähe man das Blau auf dem Roth, wo es dann eine gemischte Farbe darstellte. Die zweite Abänderung des Versuchs ist folgende: man lege auf das rothe Parallelogramm ein blaues kleines Blättchen so, dafs es rundum von Roth umgeben ist; man betrachte nun die Figur durch das Prisma, so erscheint die Stelle, wo das blaue Blättchen liegt, völlig schwarz, dagegen sieht man weit unterhalb (wenn das rothe Parallelogramm grofs genug und der brechende Winkel nach unten gekehrt ist,) das blaue Blättchen auf dem Roth. Hier nämlich kommen, durchs Prisma gesehen, die rothen Strahlen von a, b, so ins Auge, dafs man sie als aus α, β kommend sieht; aber da das blaue Viereck zwischen ab keine (oder unmerklich wenige) rothe Lichtstrahlen darbietet, so hat der Raum zwischen α β gar keine Farbe, sondern ist schwarz, (es kommt in dieser Richtung gar kein Licht ins Auge), das Blau erscheint dagegen bei $\gamma\delta$ auf dem Roth. — Der Versuch würde noch überzeugender seyn, wenn er mit Roth auf Blau ebenso voll-

Fig. 234.

Fig. 235.

kommen glückte, was aber bei der mindern Reinheit des Blau nicht möglich ist. Am besten gelingt er noch, wenn man ein rothes Blättchen cd so auf blauen Grund legt, dafs d in der untern Seitenlinie liegt, dann sieht man durchs Prisma das Roth etwa in $\gamma\delta$, dagegen ist bei $\varepsilon\zeta$ ein fast ganz schwarzer Einschnitt. — Fig. 236.

3. Newtons zweiter Versuch beruht zwar auf der Bestimmung des Ortes, wo bei verschiedener Brechung das Bild eines Gegenstandes entsteht[1], er gehört aber dennoch ganz hieher. Hat man nämlich ein convexes Glas, dessen Querschnitt AB vorstellt, so erhält man von jedem Puncte C ein Bild an der andern Seite des Glases und kann leicht eine Stellung des Glases finden, wobei das Bild völlig deutlich ist. Bricht ein Glas die Lichtstrahlen mehr als ein andres, so liegt bei jenem das Bild D näher, bei diesem das Bild E entfernter, und eben das müfste nun in Beziehung auf ungleichartige Lichtstrahlen erfolgen, wenn dasselbe Glas einige Lichtstrahlen stärker, andere schwächer bräche. Newton stellte daher in C jenes roth und blau gefärbte Papier auf, über welches er hie und da sehr feine schwarze Seidenfäden gezogen hatte, und suchte zuerst den Punct E, wo sich der rothe Theil deutlich, also so, dafs man die schwarzen Fäden genau begrenzt sah, im Bilde darstellte; in dieser Stellung sah er die Fäden auf dem blauen Theile undeutlich, und mufste die weifse Fläche, worauf das Bild aufgefangen wurde, näher heran nach D schieben, damit der blaue Theil mit seinen Fäden deutlich erschiene, wobei aber die Deutlichkeit des rothen Theiles verloren ging. —[2]. Fig. 237.

4. Damit scheint zwar die ungleiche Brechbarkeit der Farbenstrahlen schon erwiesen; aber eine andre Erscheinung, die Entstehung der Farben aus weifsem Lichte, erfordert eine noch nähere Betrachtung, und selbst die Behauptung, dafs die Brechbarkeit ungleich sey, verdient noch eine strengere Prüfung. Wenn man durch eine kleine runde

1 Vergl. *Bild* und *Linsengläser.*

2 v. Göthe versichert, dafs dieser Versuch ihm nie das Resultat gegeben habe; es wäre wohl der Mühe werth, die Umstände, worauf dies beruhen mag, zu untersuchen, wozu ich die Mittel nicht besitze.

Oeffnung Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer fallen läfst, und dem einfallenden Sonnenstrahle eine Ebene senkrecht entgegen stellt, so erhält man auf dieser Ebene ein rundes Sonnenbild, dessen Gröfse sich leicht bestimmen läfst, wenn man sich Linien vom Rande der Sonne durch die Grenzen der Oeffnung bis an jene Ebene gezogen denkt. Auch wenn die Lichtstrahlen gebrochen werden, so müfsten sie, wofern die Brechung bei allen gleich wäre, ein rundes Bild auf einer ihnen entgegengestellten Fläche darbieten, oder wenigstens würde das Bild nur sehr wenig (und es läfst sich leicht berechnen, wie viel,) vom Kreise verschieden seyn. Aber wenn man das durch eine enge Oeffnung einfallende Sonnenlicht mit einem dreiseitigen Prisma auffängt, und dem durchs Prisma gebrochenen Lichte eine Ebene so entgegenstellt, dafs sie senkrecht gegen die jetzige Richtung des Strahles ist, so erhält man nicht mehr ein rundes, sondern ein sehr verlängertes Bild, und dieses Bild zeigt zugleich alle Farben. Dieses längliche Bild hat genau die Breite, welche es nach der eben erwähnten Berechnung bei gleicher Brechung aller Lichtstrahlen haben sollte, und diese Breitendimension ist den Kanten des Prismas parallel; die Länge hingegen, die viel gröfser ist, hängt von einem näher zu untersuchenden Umstande ab.

Da wir uns im Vorigen schon überzeugt haben, dafs ein blauer Lichtstrahl mehr als ein rother gebrochen wird, so werden wir es wohl als gewifs annehmen können, dafs ein rother und ein blauer Lichtstrahl, die in a b parallel einfielen, nach der Brechung im dreiseitigen Prisma LMN nicht parallel bleiben, sondern der eine nach c d, der andere nach e f fortgehen werde, und dafs folglich das in d auf einer Tafel aufgefangene Roth, von dem in f aufgefangenen Blau viel entfernter liegen wird, als es der Fall war, wenn man die parallelen Strahlen a b ihr Licht auf eine zwischen a, b, senkrecht auf a b gesetzte Tafel werfen liefs. Gerade so aber, wie hier der rothe und blaue Strahl aus einander gebrochen werden, sehen wir die aus dem weifsen Sonnenlichte entstehenden Farbenstrahlen aus einander gebrochen, und auch hier fällt im Farbenbilde das *Roth* an die Stelle, wo es die

Fig. 238.

geringste Br brochen, O wir finden nenstrahl, Farbenstral ihrer vers scheinen. was die E die aus d verfolgen, *ner, blaue* der einzel ter sich, den wir jene in si berechtig strahlen, der ein wenn m fangen h Inde Wenn nung e noch n Sonner würde roth u strahl Sonne ser ei Bild, den Bild Kreis dem zeig nenb eina schi

geringste Brechung fordert; dann folgen immer stärker gebrochen, *Orange*, *Gelb*, *Grün*, *Blau*, *Violett*, und wir finden uns daher veranlaſst zu sagen: jener weiſse Sonnenstrahl, der auf das Prisma auffiel, enthält schon alle jene Farbenstrahlen in sich, die erst nach der Brechung wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit von einander getrennt erscheinen. Diese Behauptung spricht nichts weiter aus, als was die Erscheinung selbst darbietet. Wir sehen nämlich die aus dem Prisma ausfallenden Strahlen eben die Wege verfolgen, welche ein *rother*, *orangefarbener*, *gelber*, *grüner*, *blauer*, *violetter* Strahl verfolgen würden, wenn sie jeder einzeln, auf denselben Punct des Prisma's, parallel unter sich, einfielen, und wir sehen daher den weiſsen Strahl, den wir als einfallend wahrnehmen, so an, als ob er alle jene in sich enthielte. Und wir sind hierzu auch um so mehr berechtiget, da die aus dem Prisma hervorgehenden Farbenstrahlen, wenn man sie durch ein Linsenglas vereiniget, wieder ein eben solches Sonnenbild geben, wie sie es thäten, wenn man sie vor der Zerlegung in Farbenstrahlen aufgefangen hätte.

Indeſs sind hierbei noch mehrere Umstände zu erwägen. Wenn man die Sonnenstrahlen durch eine sehr kleine Oeffnung einfallen läſst, so stellt sich, so lange die Strahlen noch nicht durch das Prisma gebrochen sind, ein rundes Sonnenbild dar; wären die Sonnenstrahlen alle *roth*, so würde auch nach der Brechung im Prisma das Sonnenbild roth und kreisförmig in G A erscheinen; wären alle Sonnenstrahlen violett, so würde auch nach der Brechung ein rundes Sonnenbild von violetter Farbe in M F erscheinen; statt dieser einzelnen runden Bilder aber sehen wir ein längliches Bild, das an den Seiten mit parallelen Linien, und an beiden Enden mit Halbkreisen begrenzt ist. Dieses längliche Bild entsteht dadurch, daſs zwischen dem äuſsersten rothen Kreise A P G R den eine *rothe* Sonne darstellen würde, und dem äuſsersten violetten Kreise F T M den eine *violette* Sonne zeigen würde, eine ganze Folge anderer kreisförmiger Sonnenbilder von minder brechbaren Farben liegen, die sich einander bedecken und daher in Puncten, wie R ein aus verschiedenen Farben gemischtes Licht hervorbringen. Man er-

Fig. 239.

non Newton zeigt, ein reineres Farben-
as Sonnenbild weniger breit zu erhalten
solche Mischung der in m f und der in e l
lich weit von einander entfernten Farben
ein solches schmäleres Bild zu erhalten,
onnenlicht durch ein etwas gröfseres Loch
te aber dann den so einfallenden Sonnen-
her Entfernung eine zweite Tafel mit ei-
Loche c entgegen; dann war der Durch-
aufgefangenen Bildes nur so grofs als der
lerte, also kleiner als das vorhin betrach-
eben dem Verhältnisse, in welchem a c b
nnendurchmesser stand. Und dieser Be-
fand sich dann auch die Breite m f des
nbildes vermindert, während seine Länge,
seiner Seiten a f, g m dieselbe blieb, wie
nlich wird durch den Winkel bestimmt,
en und die am meisten gebrochenen Strah-
nachen und da sie dieselbe bleibt, wenn
nd der Tafel, worauf das Farbenbild auf-
selbe Stellung giebt, so erhellet, dafs die
nzelnen Farbenstrahlen bei jenem gröfsern
ei diesem kleineren ganz gleich sey.

m Versuche liegt ein Beweis, dafs das
ld eigentlich als ein aus einzelnen farbigen
gesetztes Bild anzusehen ist, das durch
ngleich brechbarer Strahlen gebildet wird,
r nur die am auffallendsten verschiedenen
en gebend zu unterscheiden gewohnt sind,
ischen noch eine Menge von Farben-Ab-

Aber noch mehr zeigt diese runden Far-
uch, den von Münchow angestellt hat, und
urch Gläser, die man zwischen das Prisma
gene Farbenbild einschob, gelang, einige
Farbenbilder deutlich zu sehen. Liefs er
urch drei starke Gläser, eines von violetter,
blauer, eines von okerartiger rothbrauner
rhielt er das Farbenbild mit solchen Lücken,
ler zinnoberrothen und gelbgrünen Sonnen-

bilder sich hinreichend deutlich zeigte
etwas heller violettes Glas hinzu, so
Farben aufgehoben und nur eine schö
eine schwach violette Sonnenscheibe bli

5. Diese Betrachtungen sind es, die
farbenlose Sonnenlicht, und so auch
genständen herkommende Licht als al
haltend anzusehen; aber die so her
strahlen sind nun auch, nachdem s
gleich brechbar und jeder von eben
er bei der Zerlegung des weifsen Lic

Newton zeigt dieses vorzüglich du
Wenn man die aus dem horizontalen Pri
henden Strahlen, von welchen wir sch
in der Richtung über D H hinaus ein
würden, in D H auf einem zweiten ver
sen Axe mit der verlängerten Richtung
rallel ist, auffängt, so erhält man statt
welches nach der verticalen Richtung
nach geneigter Richtung verlängertes
Stellung des Farbenbildes läfst sich leic
ist schon bekannt, dafs alle von A B r
Strahlen, indem sie auf das zweite P
der Seite gebrochen werden müssen.
Strahlen in gleichem Grade brechbar,
ein dem vorigen Farbenbilde paralleles
das aber zeigt sich nicht, sondern die
ben in p ein weiter von P entferntes B
ker gebrochen, die *rothen* Strahlen
von T entferntes Bild, und sind also
gen gebrochen; die zwischenliegend
mittlere Brechbarkeit.

Eben diese ungleiche Brechbarkei
such[3]. Man stelle einem, durch eine
nung einfallenden, Lichtstrahle das
so wird sich auf der Tafel D E, oder

1 Astron Zeitschrift von v. Lindenau 1
2 Optice. Lib. I. Propos. 2. Exper. 5.
3 Optice. Lib. I. Prop. 2. Exp. 6.

bilder sich hinreichend deutlich zeigten; fügte er noch ein etwas heller violettes Glas hinzu, so waren alle mittleren Farben aufgehoben und nur eine schöne zinnoberrothe und eine schwach violette Sonnenscheibe blieben sichtbar[1].

5. Diese Betrachtungen sind es, die uns berechtigen, das farbenlose Sonnenlicht, und so auch das von weißsen Gegenständen herkommende Licht als alle Farbenstrahlen enthaltend anzusehen; aber die so hervorgehenden Farbenstrahlen sind nun auch, nachdem sie getrennt sind, ungleich brechbar und jeder von eben der Brechbarkeit, die er bei der Zerlegung des weißsen Lichtes zeigte.

Newton zeigt dieses vorzüglich durch zwei Versuche[2]. Wenn man die aus dem horizontalen Prisma ABC hervorgehenden Strahlen, von welchen wir schon wissen, daſs sie in der Richtung über DH hinaus ein Farbenbild darstellen würden, in DH auf einem zweiten verticalen Prisma, dessen Axe mit der verlängerten Richtung des Farbenbildes parallel ist, auffängt, so erhält man statt des Farbenbildes PT, welches nach der verticalen Richtung verlängert war, ein nach geneigter Richtung verlängertes Farbenbild. Diese Stellung des Farbenbildes läſst sich leicht erklären; denn es ist schon bekannt, daſs alle von AB nach PT zu gehenden Strahlen, indem sie auf das zweite Prisma auffallen, nach der Seite gebrochen werden müssen. Wären nun alle diese Strahlen in gleichem Grade brechbar, so würde etwa in π t ein dem vorigen Farbenbilde paralleles Farbenbild entstehen; das aber zeigt sich nicht, sondern die *violetten* Strahlen geben in p ein weiter von P entferntes Bild und sind also stärker gebrochen, die *rothen* Strahlen geben in t ein weniger von T entferntes Bild, und sind also weniger als alle übrigen gebrochen; die zwischenliegenden Strahlen zeigen eine mittlere Brechbarkeit. Fig. 242.

Eben diese ungleiche Brechbarkeit zeigt ein zweiter Versuch[3]. Man stelle einem, durch eine nicht allzu kleine Oeffnung einfallenden, Lichtstrahle das Prisma ABC entgegen, so wird sich auf der Tafel DE, oder wenn die Oeffnung G Fig. 243.

1 Astron Zeitschrift von v. Lindenau und v. Bohnenberger. II. 455.
2 Optice. Lib. I. Propos. 2. Exper. 5.
3 Optice. Lib. I. Prop. 2. Exp. 6.

grofs genug ist, auch auf der Tafel d'c das verlängerte Farbenbild darstellen. Sind aber in beiden Tafeln nur so kleine Oeffnungen, dafs sie von einer einzigen Farbe des Farbenbildes ganz bedeckt werden, oder nur ein einfarbiger Strahl durch sie hindurch gelassen wird; dann wird man durch eine allmälige Drehung des Prisma's bewirken können, dafs bald der *rothe*, bald der *gelbe*, bald der *blaue* Strahl auf die Oeffnung G falle und sich folglich ein eben so gefärbtes Bild auf der Wand in Z zeige. Fängt man nun diesen einfarbigen Strahl mit einem Prisma abc auf, so wird der von g kommende Strahl, durch dasselbe abermals gebrochen in M ein farbiges Bild, und zwar nur einfarbig, von eben der bei g durchgelassenen Farbe, darstellen. Aber dieses Bild bleibt nicht an derselben Stelle, wenn man bald den rothen, bald den blauen Strahl durch g einfallen läfst, sondern obgleich die zwei Oeffnungen Sicherheit gewähren, dafs der einfallende Strahl immer auf einerlei Weise auf das Prisma abc auffällt, so erhält dennoch das Bild für den einfallenden *rothen* Strahl die Lage, welche einer geringeren Brechung, das Bild für den einfallenden *blauen* Strahl die Lage, welche einer stärkeren Brechung entspricht; und auch diese getrennten, aus dem Sonnenlichte durch die erste Brechung erhaltenen Farbenstrahlen zeigen also die *ungleiche Brechbarkeit*, die wir vorhin an ihnen bemerkten.

6. Endlich giebt auch die im Artikel Brechung (Nr. 4 und Nr. 24 (3)) erklärte Erscheinung einen Beweis für die *ungleiche Brechbarkeit* der verschiedenen Farbenstrahlen. Es wird wird nämlich der Lichtstrahl, wenn er aus dem Prisma in die Luft hervordringen soll, aber der Sinus des Brechungswinkels für die stärker brechbaren Strahlen gröfser, für die minder brechbaren Strahlen etwas kleiner als 1 ist, nur zum Theil zurückgeworfen und zum Theil durchgelassen.

Man wählt zu diesem Versuche am besten ein dreiseitiges Prisma, dessen zwei Winkel B = C so grofs sind, dafs Sin. B mit der Zahl, welche das Brechungsverhältnifs ausdrückt, multiplicirt, ungefähr = 1 giebt. Läfst man nun den von F herkommenden Lichtstrahl ungefähr senkrecht auf AC auffallen, so kann man durch eine kleine Drehung

Fig. 244.

des Prisma's die Stellung finden, wobei der ganze Lichtstrahl nicht mehr bei M ausfährt, sondern nach MN zurückgeworfen wird; stellt man aber den Versuch etwas sorgfältiger an, indem man durch *langsame* Drehung des Prisma's nach der Richtung, welche die Ordnung der Buchstaben A, B, C, angiebt, zu der Zurückwerfung zu gelangen sucht, so nimmt man wahr, daſs die *am meisten brechbaren* Strahlen, die violetten und blauen, schon nach N zurückgeworfen werden, wenn die übrigen (die grünen, gelben, rothen), noch bei HG ein Farbenbild, welchem jene zurückgeworfene Farben fehlen, darstellen; man nimmt ferner wahr, daſs bei etwas weiterer Drehung des Prisma's auch die F grünen Farbenstrahlen mit nach N zurückgeworfen werden und dort ein grünlichblaues Bild geben, während dem Farbenbilde HG nun das Grün fehlt; und so kann man fortfahren, bis alle Strahlen nach N zurückgeworfen worden, wo sie dann ein weiſses Bild geben, oder einen weiſsen Strahl bilden, der auf ein neues Prisma vxy fallend sich wieder aufs neue in Farbenstrahlen zerlegen läſst.

7. Alle diese Versuche zeigen deutlich, daſs die rothen Lichtstrahlen *weniger brechbar* als die blauen sind, oder da man eben die Versuche für die zwischen liegenden Farbenstrahlen anstellen kann, daſs die Farbenstrahlen so in der Ordnung folgen, daſs der rothe am *wenigsten brechbar* ist, und Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, mit immer *stärkerer Brechbarkeit* auf einander folgen. —

Die Frage über die Anzahl der aus dem weiſsen Lichte entstehenden Farbenstrahlen, über die verhältniſsmäſsige Ausdehnung derselben im Farbenbilde, über den Ursprung der verschiedenen Eindrücke im Auge u. s. w. gehört nicht hieher und wird in den Artikeln: *Farbenlehre, Farbenbild* u. s. w. vorkommen. Ebenso übergehe ich hier die Erklärung der Erscheinungen, die sich durch das Prisma zeigen, der Entstehung der Farbenränder an der Grenze des Weiſs u. s. w.

Geschichte dieser Lehre.

8. Newton hat zuerst diese ungleiche Brechbarkeit der Farbenstrahlen gelehrt, und seine Versuche, von denen ich einige der wichtigsten angeführt habe, geben dem,

der einen rein geometrischen Gegenstand geometrisch aufzufassen weifs, den vollkommensten Beweis für die Newtonsche Behauptung. Diese Lehre hatte sich dem Wesentlichen nach von allen Seiten so bewährt, dafs die Einwürfe, mit denen NEWTON anfangs zu kämpfen hatte, so gut wie vergessen waren; die achromatischen Fernröhre und Prismen selbst, (obgleich Newton durch die individuelle Art seiner Versuche verleitet, eine solche Aufhebung der Farbenzerstreuung für unmöglich hielt) wurden nach den Regeln, welche aus der ungleichen Brechbarkeit der Lichtstrahlen folgen, berechnet, und die grofse Vervollkommnung unsere optischen Werkzeuge legt ein Zeugnifs ab für die Richtigkeit der Theorie, nach welcher man sie anordnete. Es war daher eine unerwartete Erscheinung, dafs VON GÖTHE, der die Entstehung der Farben anders zu erklären suchte, und in geometrischen Untersuchungen ungeübt war, NEWTON zu widerlegen suchte [1]. Da mir hier unmöglich zugemuthet werden kann, dafs ich seine Einwürfe einzeln prüfe, so will ich nur an einem einzigen zeigen, wie nöthig es ist, den Gegenstand strenge und geometrisch aufzufassen, ehe man entscheiden kann, ob selbst die dem Anschein nach gründlichsten Einwürfe das Gewicht haben, das man beim ersten Blicke geneigt ist, ihnen beizulegen.

Als einen der wichtigsten Einwürfe führt v. GÖTHE [2] folgenden Versuch an, welcher, wie er glaubt, *„die Newtonische Theorie von Grund aus zerstört“*, und von dem man gestehen mufs, dafs er allerdings auf den ersten Blick von Gewicht zu seyn scheint. Der Versuch ist folgender: „Man „verschaffte sich ein längliches Blech, das mit den Farben in „der Ordnung des prismatischen Bildes angestrichen ist. „Dieses Blech legten wir in einen viereckten blechernen „Kasten und stellten uns so, dafs es ganz von dem einen „Rande desselben für das Auge zugedeckt war. Wir lies„sen alsdann Wasser hineingiefsen, und die Reihe der sämmt„lichen Farbenbilder stieg gleichmäfsig über den Rand dem

1 Zur Farbenlehre von Göthe.

2 Farbenlehre, 2ter. Th. S. 435.

„Auge entgegen; da doch, wenn sie divers refrangibel wä- „ren, die einen voraus eilen und die andern zurückbleiben „müfsten". — Der Schluſs ist ganz richtig, nur fragt sich, wie viel denn dieses Voreilen und Zurückbleiben wohl betragen könne, und ob unser Auge, weil es wenig betragen wird, es zu unterscheiden im Stande sey. Da v. Göthe seinen Versuch nicht mit Angabe der genauen Abmessungen beschreibt, so will ich zuerst eine allgemeine Rechnung führen und diese dann auf einen Fall, der mir ungefähr für einen Versuch passend scheint, anwenden. Es sey E Fig. der unter dem Wasser liegende Punct, O das Auge, AB 248. die Wasserfläche; so wird der rothe Strahl etwa so wie ECO, der blaue Strahl etwa so wie EDO zum Auge gelangen, und es ist zu bestimmen, ob der Winkel DOC so groſs ist, daſs man bei dem angeführten Versuche ihn deutlich wahrnehmen kann. Ich nenne AB = a, AE = b, OB = c, wenn nämlich AE, OB senkrecht auf AB sind, und AC = x; das Brechungsverhältniſs sey = n, so ist bekanntlich

n. Cos. ECA = Cos. OCB, oder

$$\frac{nx}{\sqrt{(b^2+x^2)}} = \frac{a-x}{\sqrt{(c^2+(a-x)^2)}},$$

das ist $n^2c^2x^2 + n^2x^2(a-x)^2 = b^2(a-x)^2 + x^2(a-x)^2$

oder $n^2c^2x^2 + (n^2-1)x^2(a-x)^2 = b^2(a-x)^2$;

$$\text{oder } x^4 - 2ax^3 + \left(a^2 + \frac{n^2}{n^2-1}c^2 - \frac{b^2}{n^2-1}\right)x^2 + \frac{2ab^2}{n^2-1}x - \frac{a^2b^2}{n^2-1} = 0$$

Hierdurch wird der Punct C bestimmt, wenn man n dem Brechungsverhältnisse für rothe Strahlen gemäſs annimmt, und der Punct D wird bestimmt, wenn man n so annimmt, wie es für blaue Strahlen paſst; jener Werth ist nach Newton $= \frac{108}{81}$, dieser dagegen $\frac{109}{81}$. Um ein Beispiel zu geben, setze ich a = 1, b = 0,2 c = 0,05; denn um die Brechung groſs zu erhalten, muſs man die Stellung des Auges ziemlich niedrig wählen. Dann ist für die rothen Strahlen die obige Gleichung

$$x^4 - 2x^3 + 0{,}9542857 \cdot x^2 + 0{,}1028571 \cdot x - 0{,}0514285 = 0$$

und es ist $x = 0{,}22568$; $a - x = 0{,}77432$.
und $BCO = 3^\circ . 41' . 40''$.

Für die violetten Strahlen dagegen wird die Gleichung

$$x^4 - 2x^3 + 0{,}9562520 \cdot x^2 + 0{,}0986624\, x - 0{,}0493312 = 0,$$

und giebt $x = 0{,}22109$,
$a - x = 0{,}77891$; $BDO = 3^\circ\, 40' . 20''$.
Der äufserste rothe und der äufserste violette Strahl machen also nur einen Winkel von $1\frac{1}{3}$ Min. mit einander; oder um unsern Fall in bekannteren Zahlen darzustellen, wenn $AB = 30$ Zoll ist, $AE = 6$ Zoll, und $BO = 1{,}5$ Zoll, so müfste der über das Roth hervorgehobene blaue Rand gerade neun Tausendtel eines Zolles betragen, und eine so geringe Vorrückung kann dem blofsen Auge unmöglich bemerkbar seyn.

Diese Rechnung mag genügen, um zu zeigen, wie vieler Vorsicht es bedarf, um, selbst bei dem täuschendsten Anschein, seiner Sache gewifs zu werden. Niemand wird es dem grofsen Göthe verargen, dafs er diesen Versuch nicht rechnend prüfte, sondern geleitet durch andre, zum Theil mit Scharfsinn ausgedachte Ansichten, diese und ähnliche Versuche als genügend, um Newtons Theorie umzustürzen, ansah; man wird freilich die Härte, mit welcher er sich gegen Newton ausläfst, nie ganz entschuldigen können, aber man wird diese Härte doch eher ihm, dem in einer neuen Ansicht Befangenen verzeihen, als dem Haufen der armseligen Nachbeter, die ohne selbst etwas Neues erdacht zu haben, dem grofsen Meister zu gleichen meinen, wenn sie wenigstens die leichte Kunst, den Gegner, den sie nicht verstehen, mit Schmähungen zu verfolgen, ihm abgelernt haben.

Mittel, um die Gröfse der Brechung für die verschiedenen Farbenstrahlen genau zu bestimmen.

9. Aus dem Vorigen erhellet wohl, dafs schon Newton im Stande war, die Gröfse der Brechung für jeden einzel-

nen Farbenstrahl zu finden, denn da sich die Richtung des einfallenden Strahles bestimmen liefs, und aus der Lage jeder einzelnen Farbe im Farbenbilde auch die Richtung des gebrochenen Strahles sich ergab, so war der Werth des Brechungsverhältnisses leicht zu bestimmen. Hiebei blieb indefs, wegen der Unbestimmtheit der Grenzen jeder Farbe, eine Unsicherheit, die bei der Wichtigkeit, welche diese Untersuchung seit der Erfindung der achromatischen Fernröhre erhielt, nicht unberücksichtigt bleiben durfte. Die spätern Bemühungen der Physiker waren vorzüglich darauf gerichtet, aus gegebenen Glasarten Prismen und Linsengläser zusammen zu setzen, die eine Brechung ohne Farbenränder bewirkten; diese Bemühungen übergehe ich hier, da sie besser im Artikel: *Prisma, achromatisches*, dargestellt werden. Dagegen verdienen Fraunhofers schöne Versuche als die vollkommensten, die über die Brechbarkeit der einzelnen Farbenstrahlen angestellt sind, hier noch erzählt zu werden.

Auch Fraunhofers Absicht ging vorzüglich dahin, genauere Resultate für die Farbenzerstreuung der zu Fernröhren brauchbaren Gläser zu erhalten; aber er begnügte sich nicht, die Brechung der äufsersten Farbenstrahlen in verschiedenen Mitteln zu bestimmen, sondern die Brechung *aller* einzelnen Farbenstrahlen. Um diese Farbenstrahlen möglichst rein zu erhalten, wurde an einem Fensterladen ein Prisma A von Flintglas aufgestellt und 13 Fufs davon in BC sechs Lampen, von welchen durch sehr schmale Oeffnungen das Licht auf das Prisma A fiel. Das so auffallende Licht wird durch das Prisma A in Farbenstrahlen zerlegt und fährt durch die Oeffnung des Fensterladens. Es läfst sich nun wohl einsehen, dafs, indem die von der Lampe C herkommenden Strahlen ihr *rothes* Licht nach E, ihr *violettes* Licht nach D werfen, und indem die von der Lampe B kommenden Strahlen ihr *rothes* Licht nach F, ihr *violettes* Licht nach G werfen, es sich so einrichten läfst, dafs ein entfernt stehendes Prisma H von der Lampe C nur die rothen, von der Lampe B nur die violetten Strahlen erhält, und so von jeder zwischen jenen stehenden Lampe einen andern Farbenstrahl, der immer von demselben Puncte, näm-

Fig. 246.

lich von der engen Oeffnung im Fensterladen bei A ausgeht. Bei FRAUENHOFERS Versuchen stand das Prisma H um 692 Fufs von A entfernt, und wenn man nun die aus dem Prisma H hervorgehenden Strahlen auf das Objectiv am Fernrohre eines Theodoliten fallen liefs, so stellten sich durch das Fernrohr gesehen, die Spectra der von A herkommenden Lichtstrahlen so dar, wie die Zeichnung es angiebt, in welcher J violett, K blau, L grün, M gelb, N orange, O roth bedeutet. Die Farben erscheinen also isolirt und die Entfernungen O N, N M u. s. w. sind (bei gleichem brechenden Winkel des Prisma's H) desto gröfser, je mehr dieses Prisma H die Farbe zerstreuet. Diese Entfernungen werden mit einem Mikrometer gemessen, und da sich auch die Richtung der einfallenden Strahlen mit dem Theodolit bestimmen läfst, so erhält man hier die Brechung aller einzelnen Strahlen.

Fig. 247.

Indefs war auch hier die Frage, welcher genaue Punct des Farbenbildes denn in jedem beobachteten Farbenstrahle eigentlich beobachtet werde, noch nicht ganz strenge zu beantworten, und FRAUENHOFER fügte daher noch eine Beobachtung hinzu, die sich auf die von ihm zuerst entdeckten Lichtlinien im Farbenspectrum stützt [1]. Er brachte nämlich genau vertical oberhalb der bei A gezeichneten Oeffnung noch eine zweite an, vor welcher eine Lampe stand, die ihr volles Licht auf das Prisma H warf, und daher im Fernrohr des Theodoliten ein Farbenbild P Q gab, welches alle Farben enthielt. In diesem Farbenbilde gab es, wie FRAUENHOFER entdeckt hatte, allemal an derselben Stelle einen hellen, scharf begrenzten Streifen, der zur genauen Angabe des Ortes, den jeder jener Farbenstrahlen im Farbenbilde einnahm, und zur Prüfung, ob die Stellung der Lampen keine Aenderung gelitten hatte, diente.

Fig. 246.

Fig. 247.

Von den Resultaten dieser Versuche will ich hier nur einige anführen, welche den Werth des Brechungsverhältnisses für verschiedene Strahlen für *Flintglas*, *Crownglas* und *Wasser* angeben.

---

1 Vergl. *Licht*.

Brechende Mittel	Exponenten der Brechungs-Verhältnisse für O roth	N orange	M gelb	L grün	K blau	I violett
Flintglas Nr. 13.	1,63074.	1,63505.	1,63933.	1,64349.	1,64775.	1,65203.
Crownglas Nr. 9.	1,52736.	1,52959.	1,53173.	1,53380.	1,53586.	1,53783.
Wasser	1,33209.	1,33359.	1,33501.	1,33635.	1,33763.	1,33888.

Mehrere Zahlenbestimmungen für diese, bei allen Körpern verschiedene ungleiche Brechbarkeit und andere wichtige Resultate muſs man in der Abhandlung [1] selbst nachsehen. Uebrigens findet man die mit diesem Artikel verwandten Gegenstände unten den Artikeln: *Farbenzerstreuung*, *Farbenbild*, *Farbenränder*, *Farbenlehre* u. s. w. abgehandelt. *B.*

Brechung der Lichtstrahlen.

Refractio radiorum lucis. Refraction de la lumière. *Refraction of light.* ἀνάκλασις. Wenn der Lichtstrahl aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes von gröſserer oder geringerer Dichtigkeit übergeht, so verändert er seine Richtung, und diese Aenderung ist es, was man Brechung nennt. Der Lichtstrahl, der beim Fortgange in derselben Materie eine gerade Linie durchlaufen würde, durchläuft jetzt eine gebrochene, das ist, aus zwei geraden Stücken zuſammengesetzte Linie, die in dem Puncte, wo sie aus dem einen Medio in das andre übergeht, einen Winkel bildet.

Allgemeine Gesetze der Brechung.

1. Um zuerst die Erscheinungen darzustellen, welche die Brechung darbietet, sey BAN eine auf der Ebene PON senkrechte, undurchsichtige Wand, die von einem in S stehenden leuchtenden Puncte beschienen einen Schatten wirft. Ist hier SC ein von dem leuchtenden Puncte ausgehender und gerade den oberen Rand der Wand treffender Strahl, so wird dieser geradlinig verlängert, die Grenze des auf PON geworfenen Schattens in L angeben, wo die verlängerte SC diese Ebene trifft. Legt man aber nun einen gläsernen Würfel EH ganz nahe an die Wand, Fig. 248.

[1] G. LVI. 264. Münchener Denkschriften für 1814.

so dafs der Strahl SC jetzt die Oberfläche BEDC des Würfels trifft, so gelangt dieser Lichtstrahl innerhalb des Würfels nicht mehr nach L, sondern nach K, und der Raum LK, der vorhin beschattet war, ist jetzt erleuchtet. Der Lichtstrahl ist in C beim Eintritt in das Glas gebrochen, und hat die veränderte Richtung CK, stat der ursprünglichen Richtung SCL angenommen.

Fig. 249. Ein andres Beispiel der Brechung bietet sich uns dar, wenn unser Auge in O über den Rand C eines Gefäfses wegsicht. So lange das Gefäfs leer ist, sehen wir vom Boden des Gefäfses nur den von B nach E liegenden Theil, und die gerade Linie OB, welche von unserm Auge durch den Rand C des Gefäfses bis an den Boden desselben gezogen ist, bezeichnet den Punct B, wo der durch den Rand verdeckte Theil des Bodens anfängt. Sobald man aber das Gefäfs zum Theil mit Wasser füllt, zum Beispiel bis an GF, werden Puncte jenseits B, bis nach A hin, uns sichtbar, wenn gleich das Auge seine Stelle unverändert behält. Es kommt uns jetzt vor, als hätten alle auf dem Boden des Gefäfses kenntlichen Puncte ihre Lage verändert; denn B, vorhin der unmittelbar am Rande C erscheinende Punct, ist weit vom Rande weggerückt, so dafs nun alle Puncte bis A sichtbar werden. Indefs würde es unpassend seyn, wenn wir von diesem blofsen Scheine den Ausdruck hernehmen und von einer Fortrückung der Puncte A, B, reden wollten, und es ist dagegen, geometrisch richtig ausgedrückt, wenn wir sagen, der Lichtstrahl AH werde, indem er in die Luft eintritt, *gebrochen*, und gelange dadurch in unser Auge. Es ist nämlich bekannt, dafs jeder Punct A nach allen Richtungen Lichtstrahlen aussendet, unter denen AH einer ist. So lange das Gefäfs leer war, ging dieser Lichtstrahl nach T gerade fort und traf das Auge O nicht; aber nachdem das Gefäfs bis an FG mit Wasser gefüllt worden, ändert der Strahl in H seine Richtung, oder wird *gebrochen*, und gelangt nun in der Richtung HO in das Auge.

Fig. 2. 248. Man nennt hier SC den einfallenden Strahl (*radius incidens*, rayon incident, *incident ray*), und CK den gebrochenen Strahl (*radius refractus*; rayon réfracté; *refracted ray*), und ebenso würde

AH der einfallende, HO der gebrochene Strahl heiſsen, wenn wir den Strahl als von A ausgehend und nach O hingelangend ansehen; aber ebenso gut könnte auch OH der einfallende und HA der gebrochene Strahl heiſsen, wenn wir das Licht als von O ausgehend und nach A gelangend betrachten. Der Weg des Lichtstrahls ist im einen und im andern Falle derselbe. Fig. 249.

Die Fläche, welche die beiden verschiedenen Mittel trennt, oder die Fläche, in welcher die Brechung geschieht, FG, heiſst die **brechende Fläche** (*superficies refringens;* surface d'incidence, surface réfringente; *refracting surface*); die in dem **Einfallspuncte** H, (*Punctum incidentiae*; point d'incidence; *Point of Incidence*) errichtete senkrechte HI gegen die brechende Fläche, heiſst **das Einfallsloth** (*cathetus incidentiae;* la perpendiculaire à la surface réfringente; *the Perpendicular*). Der Winkel OHI, den der einfallende Strahl mit dem Einfallslothe macht, heiſst der **Einfallswinkel** (auch wohl der **Neigungswinkel**; *angulus incidentiae;* l'angle d'incidence; *Angle of Incidence*); der Winkel KHA, den der gebrochene Strahl mit dem verlängerten Einfallslothe macht, heiſst der **Brechungswinkel** oder auch **der gebrochene Winkel**[1] (*angulus refractionis s. angulus refractus;* l'angle de refraction;) und man sagt nun **Brechungs-Sinus** (*sinus refractionis*) statt Sinus des Brechungswinkels, **Einfalls-Sinus** (*sinus incidentiae*) statt Sinus des Einfallswinkels. Eine Ebene, die durch den einfallenden Strahl und den gebrochenen Strahl gelegt ist, heiſst die **Brechungsebene** (*planum refractionis;* plan de réfraction; *Plane of refraction*). Fig. 249.

3. Die Hauptgesetze der gewöhnlichen Brechung[2] sind folgende:

---

1 Diejenigen Schriftsteller, welche diesen Winkel den gebrochenen nennen, wie Wolf, Kästner, verstehen unter Brechungswinkel denjenigen, welchen der gebrochene Strahl mit dem verlängerten macht.

2 Von der ungewöhnlichen wird später erst die Rede seyn, Art. *Brechung, doppelte.*

a. der Strahl bleibt nach der Brechung in derjenigen auf die brechende Fläche senkrechten Ebene, in welcher er sich vor der Brechung befand, oder die Brechungsebene steht auf der brechenden Fläche senkrecht und geht also zugleich durch das Einfallsloth. Wenn die brechende Fläche gekrümmt ist, so muſs man statt ihrer die an den Einfallspunct gelegte Berührungsebene verstehen, das *Einfallsloth* ist dann die Normallinie der krummen Fläche in dem Einfallspuncte, und die *Brechungsebene* eine durch diese Normallinie gelegte Ebene.

b. Obgleich die Brechung sehr verschieden ist, nach Verschiedenheit der brechenden durchsichtigen Körper, so kann man doch im Allgemeinen sagen, daſs beim Uebergange aus einem minder dichten Körper in einen dichteren der Lichtstrahl *gegen das Einfallsloth zu gebrochen wird*, oder der Brechungswinkel kleiner als der Einfallswinkel ist; daſs hingegen bei dem Uebergange aus dem dichteren Körper in den minder dichten, der Strahl *vom Perpendikel oder vom Einfallslothe abwärts gebrochen wird*, also der Brechungswinkel gröſser als der Einfallswinkel ist. Eine vollkommen strenge Uebereinstimmung findet indeſs in Hinsicht auf die Dichtigkeit nicht statt, und namentlich werden die Lichtstrahlen beim Eintritt in brennbare durchsichtige Körper stärker gebrochen, als der Dichtigkeit angemessen scheint.

c. Dagegen ist das Gesetz völlig strenge, daſs für *dieselben Körper* die Brechung bei verschiedenen Einfallswinkeln so statt findet, *daſs der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels ein unveränderliches Verhältniſs hat.* Also in Fig. 249. Sin. JHT zu Sin. KHA, oder Fig. 248. Sin. SCR zu Sin. HCK ein unveränderliches Verhältniſs bleibt, es mag der Strahl unter einem gröſseren oder kleineren Winkel einfallen.

4. Dieses Verhältniſs zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels, welches bei jeder Lage des einfallenden Strahls unverändert bleibt, so lange die beiden Körper dieselben bleiben, die sich in der brechenden Fläche berühren, heiſst das **Brechungsverhältniſs** (*ratio refractionis*; rapport de ré-

fraction.) Kennt man also einmal dieses Verhältniſs für gegebene Materien, so kann man in jedem Falle den Weg des Lichtstrahls leicht bestimmen. Es sey z. B. das Verhältniſs des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels wie 3 : 2, wie es ungefähr statt findet, wenn der Lichtstrahl aus Luft in Glas übergeht: so wird, wenn AB die brechende Fläche, SC der einfallende Strahl, DE das Einfallsloth ist, die Richtung CG des gebrochenen Strahles gefunden, wenn man in dem mit willkührlichem Halbmesser gezeichneten Kreise, FH als Sinus des Einfallswinkels zieht, und G so annimmt, daſs JG $= \frac{2}{3}$ HF den Sinus des Brechungswinkels darstelle. Trifft dieser Strahl eine zweite Oberfläche des Glases BK und geht er hier wieder bei C′ aus Glas in Luft über, so erhält man die Richtung des ausfahrenden Strahles C′P, wenn man ebenso wie vorhin, mit Hülfe eines um C′ als Mittelpunct gezeichneten Kreises, den Sinus des Winkels PC′N gleich $\frac{3}{2}$. Sin. MC′G macht. Fig. 250.

Wenn die brechende Fläche gekrümmt ist, würde man auf ähnliche Art verfahren. Genauer findet man diesen Weg des Lichtstrahls durch Rechnung. Nenne ich α den Einfallswinkel, β den Brechungswinkel, so ist Sin. $\beta = \frac{m}{n}$ Sin. α, wenn m : n das Brechungsverhältniſs ist, und es erhellet nun sogleich, daſs für $\alpha = 0$ allemal auch $\beta = 0$ wird, das heiſst, daſs der senkrecht einfallende Strahl ungebrochen fortgeht. Geht der Strahl aus Luft in Glas, wo $\frac{m}{n} = \frac{2}{3}$ ist, so wäre

für $\alpha = 30°$, Sin. $\alpha = 0{,}5$; Sin. $\beta = 0{,}3333$, $\beta = 19°.28'$.
— $\alpha = 60°$, Sin. $\alpha = 0{,}8660$; Sin. $\beta = 0{,}5773$, $\beta = 35°.16'$.
— $\alpha = 90°$, Sin. $\alpha = 1{,}000$; Sin. $\beta = 0{,}6667$, $\beta = 41°.49'$.

also selbst ein unmittelbar an der brechenden Fläche fortgehender Strahl, der als mit AC zusammenfallend angesehen werden könnte, nimmt nach der Brechung die Richtung CZ und von allen zwischen DC und CA einfallenden Strahlen gelangt keiner in den Raum BCZ. Diese letztere Betrachtung wird noch merkwürdiger, wenn man den aus dem dich-

Fig. 250. teren Körper hervorkommenden Strahl verfolgt. Stellt ABK eine Glasmasse vor, so wird auch hier, wenn der Strahl aus Glas in Luft geht, der senkrecht auffallende Strahl EC ungebrochen nach CD fortgehen; ein Strahl GC, dessen Einfallswinkel ECG = 20° ist, wird nach CS so gehen, dafs Sin. DCS = $\frac{3}{2}$ Sin. 20° = 0,5130, also DCS = 30°.52′, ist; ein unter dem Winkel ZCE = 41°40′ einfallender Strahl wird nach der Brechung einen Winkel 85°43′ mit CD machen; aber für einen Strahl, der wie UC einen Einfallswinkel = 60° hat, sollte der Sinus des Brechungswinkels = $\frac{3}{2}$ Sin. 60° = 1,732 seyn, und da es einen solchen Sinus, der gröfser als 1 wäre, nicht giebt, so kann es auch keinen ausfallenden Strahl geben, sondern ein vom Innern des Glases her unter einem solchen Winkel auffallender Strahl dringt gar nicht in die Luft hervor; die Erfahrung zeigt vielmehr, dafs er an der Oberfläche AB des Glases nach innen zurückgeworfen wird. Es verdient daher diese Erscheinung besonders bemerkt zu werden, dafs der Strahl, welcher nach dem Brechungsverhältnisse nicht aus dem dichteren Körper in den minder dichten übergehen kann, (welches sich in der Formel dadurch zeigt, dafs der Ausdruck für den Sinus des Brechungswinkels gröfser als 1 wird) *an der brechenden Fläche ebenso, als ob sie eine Spiegelfläche wäre, zurückgeworfen wird.*

5. Ehe ich die Mittel angebe, wie man bei verschiedenen Körpern das Brechungsverhältnifs genau bestimmt, werde ich kurz die Entdeckungsgeschichte der bisher betrachteten Gesetze erzählen.

Obgleich man längst wufste[1], dafs manche durch die Brechung hervorgebrachte Erscheinungen den Alten bekannt waren, und man aus dem, was man hier und da aus des Ptolemaeus Optik angeführt findet, schlofs, dafs dieser Untersuchungen über die Brechung der Lichtstrahlen mittheile; so hat doch erst die Wiederauffindung dieses Werkes uns in den Stand gesetzt, zu beurtheilen, wie weit des Ptolemaeus Kenntnifs dieses Gegenstandes reichte[2]. Es er-

1 Zum Beisp. aus Seneca quaest. natur. I. 3.

2 Nach Delambre, dessen Bericht ich hier folge, führt das aufgefundene Manuscript, welches eine nicht alle fünf Bücher umfassende lateinische Uebersetzung aus dem Arabischen enthält, den Titel: Liber Ptolemaei de opticis, sive de aspectibus. Vergl. G. XL. 371.

hellet daraus, daſs Ptolemaeus Versuche angestellt hat, um die Brechung bei dem Uebergange des Strahls aus Wasser in Luft bei verschiedenen Einfallswinkeln genau zu bestimmen. Er stellte einen eingetheilten Kreis vertical so im Wasser auf, daſs die Wasserfläche durch den Mittelpunct ging; im Mittelpuncte war ein Stiftchen befestiget, und auf dem Rande lieſsen sich zwei Indices fortschieben. Stellte man nun den unter dem Wasser befindlichen Index zum Beispiel auf 10 Grad von der Verticallinie, so wurde der auſser dem Wasser befindliche Index so gestellt, daſs das Auge beide Indices und das Stiftchen in der Mitte, in gerader Linie zu sehen glaubte, oder daſs der Index oberhalb des Wassers die Richtung des von dem unteren Index gegen den Mittelpunct zu gehenden Strahles *nach* der Brechung angab; und so hatte man die zu gewissen Einfallswinkeln gehörigen Brechungswinkel. Ptolemaeus giebt auf diese Weise die Gröſse der Brechung für verschiedene Winkel an, sowohl für den Uebergang aus Luft in Wasser, als auch aus Luft in Glas und aus Glas in Wasser; indeſs sind seine Versuche zu wenig genau, um zu einem Gesetze, wie die Winkel durch einander bestimmt werden, zu führen.

Nach Ptolemaeus ist Alhazen (im zwölften Jahrh.) der erste, der sich mit ähnlichen Versuchen abgegeben hat, und Vitellio theilt eine ähnliche Tafel, wie die eben erwähnte, aus eignen Versuchen mit[1]; da aber seine Versuche, so gut wie die von Ptolemaeus, eine Unsicherheit von mehr als zwei Graden lassen, so konnte er das Gesetz der Brechung unmöglich entdecken.

Kepler hat sich viel mit der genauern Bestimmung der Brechung beschäftigt. Daſs die Brechungswinkel nicht den Einfallswinkeln proportional wären, bemerkte er schon früh, und suchte es theoretisch zu erklären[2]; er nahm an, der Winkel, den der einfallende Strahl mit dem gebrochenen macht, wachse so, daſs ein Theil der Zunahme dem Einfallswinkel proportional, der andre der Secante des Einfallswinkels pro-

---

1 vergl. G. XL. 386. Alhazen's und Vitellio's optische Schriften stehen in Risners Thesaurus opticae. (Basil. 1572).

2 Kepleri paralipomena ad Vitellionem, seu astronomiae pars optica. Francof. 1604. Cap. 3. VI. propos. 3. 6. 8.

portional sey. In seiner später geschriebenen Dioptrik[1] giebt er für die Brechung aus Luft in Glas den Brechungswinkel ungefähr (ad sensum) als zwei Drittel des Einfallswinkels an, so lange dieser nicht über 30 Grade ist; er bemerkt aber selbst, dafs dieses nicht genau richtig sey[2], und macht[3] die richtige Bemerkung, dafs kein Strahl mehr aus dem Innern des Glases in die Luft hervordringe, wenn er unter einem Winkel gröfser als 42 Grade gegen das Einfallsloth geneigt ist. Seine Versuche stellte er, zum Theil wenigstens[4], mit dem Würfel so an, wie es hier in Nr. 1. beschrieben ist. Fig. 248. Da nämlich der aufserhalb des Würfels beobachtete Schatten LH den Einfallswinkel LCH = SCR bestimmt, und der Schatten KH innerhalb des Würfels den Brechungswinkel KCH bestimmt: so ergiebt sich die Gröfse der Brechung für jeden gegebenen Einfallswinkel. Will man nicht die Brechung bei dem Uebergange aus Luft in Glas, sondern aus Luft in einen flüssigen Körper bestimmen, so bedient man sich eines hohlen, mit dieser Materie angefüllten Würfels.

Die Instrumente, deren Scheiner und Kircher sich bedienten, und die Resultate ihrer Beobachtungen giebt Kircher an[5].

6. Endlich entdeckte Willebrord Snellius (der als junger Mann 1626 starb) das richtige Gesetz der Brechung. Sein Werk über die Optik[6] ist nie öffentlich bekannt geworden; aber Huygens und Vossius haben es benutzt[7], und theilen daraus folgenden Satz, als des Snellius Entdekkung mit. Fig. 251. Wenn ein Auge in O den in einem dichteren Körper, z. B. im Wasser, befindlichen Punct F in der

1 Kepleri Dioptrice August. Vindelic. 1611. axioma 7. 8.

2 Dioptr. im 12ten Satze.

3 Dioptr. 13. propos. u. 9 ax.

4 Dioptr. 4. 5. problemata.

5 Kircheri ars magna lucis et umbrae. Romae 1646, wo das 8te Buch hiervon handelt.

6 Welches nach Vossius de natura lucis (Amstelod. 1662) aus drei Büchern bestand.

7 Hugenii Dioptrica (in d. Operib. posth.) pag. 2. und Vossius de natura lucis im 16. Cap. — Dafs Vossius die Handschrift des Snellius durch dessen Sohn zur Benutzung erhalten habe, steht ausdrücklich dort.

Richtung OCD zu sehen glaubt, so hat, wenn man DF senkrecht gegen die brechende Fläche AB zieht, der wahre Einfallsstrahl CF zu dem scheinbaren Einfallsstrahl CD ein unveränderliches Verhältnifs, so lange die brechende Materie dieselbe bleibt. Snellius drückte dies auch so aus, da für den Radius CG, CF die Cosecante des Einfallswinkels CFG = FCH, und CD die Cosecante des Brechungswinkels CDG darstellt, so sind die Cosecanten des Einfalls- und Brechungswinkels im constanten Verhältnifs. Hätte Snellius bedacht, dafs CD : CF = Sin. CFD : Sin. CDG ist, so hätte er den Satz in der Form ausgedrückt, die Descartes in seiner Dioptrik (1637) ihm gab, und die wir noch als die leichteste Darstellung dieses Gesetzes beizubehalten pflegen. (S. oben Nr. 3.).

Ob Descartes wirklich sich hier eines Plagiats schuldig gemacht hat, indem er den Satz als eine theoretische Folgerung seiner Untersuchungen darstellt, ohne den Erfinder zu nennen, ist zwar ungewifs, aber Huygens hatte wenigstens gehört[1], dafs Descartes die Handschriften des Snellius gesehen habe.

7. Obgleich durch solche Instrumente, wie die, deren Ptolemaeus, Kepler und andre sich bedienten, und die man *anaklastische* Instrumente nannte, die Brechung ziemlich gut bestimmt werden konnte, so ist doch diese Methode für den jetzigen Zustand der Wissenschaft nicht genau genug. Man erhält mehr Genauigkeit, wenn man die Beobachtungen mit dem Prisma anstellt; mufs aber nur vor allem auch darauf Rücksicht nehmen, dafs von einer *bestimmten Gröfse* der Brechung nur dann die Rede seyn kann, wenn man einen Lichtstrahl, der nicht weiter in

1 Huygens sagt Dioptrice pag. 3. von den unedirt gebliebenen optischen Schriften des Snellius, quae et nos vidimus aliquando et Cartesium quoque vidisse *accepimus*; aber Vossius in der Responsio ad objecta Johannis De Bruyn (Hagae Com. 1663) pag. 32. spricht es etwas härter aus: satis liquet, ipsum (Cartesium) nonnihil intellexisse de Snellii methodo ad mensurandas refractiones, utpote quam multi satis norant quamque Hortensius et publice et privatim exposuerat. Cartesius habe more solito den Namen des Snellius verschwiegen, doch aber seine Demonstration vielleicht nicht gekannt. Vergl. Cartesii Dioptrice Cap. II. Nr. VII.

Farben zerlegt werden kann, einfallen läſst. Da nämlich, wie im Artikel: *Brechbarkeit* gezeigt ist, jeder Farbenstrahl eine verschiedene Brechung erleidet, so müssen wir hier einen einfachen Strahl voraussetzen; — soll die Untersuchung über die Stärke der Brechung in einzelnen Materien ganz vollendet werden, so muſs man sie für jeden einzelnen Farbenstrahl insbesondere anstellen.

Mittel, um die Brechung in verschiedenen Materien genau kennen zu lernen.

8. Daſs man durch einen mit dem dreiseitigen Prisma angestellten Versuch, das Verhältniſs zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels finden könne, läſst sich leicht zeigen. Es sey ABC der auf die Seitenkanten eines Prisma senkrechte Querschnitt. In der Ebene dieses Schnittes treffe der Lichtstrahl SJ die Oberfläche so daſs $SJB = \varphi$, also der Neigungswinkel $= 90° - \varphi$ sey, dann bleibt (Nr. 3. a) auch der gebrochene Strahl JJ' in eben der Ebene, und wenn $AJJ' = \varphi'$, der Brechungswinkel $= 90° -$ [illegible] ist, so soll nun

Fig. 252.

$$\frac{\text{Cos. } \varphi}{\text{Cos. } \varphi'} = \text{n}$$

bestimmt werden. Der Winkel JAJ' sey $= \alpha$, also $JJ'C = \alpha + \varphi'$ und beim Hervordringen aus dem Prisma der Neigungswinkel $= 90° - \alpha - \varphi'$, und der Brechungswinkel $90° - AJ'O = 90° - \varphi''$, welcher nun so bestimmt ist, daſs $\frac{\text{Cos. } \varphi''}{\text{Cos.} (\alpha + \varphi')} = \text{n}$. Bei dem Versuche bestimmt man nun den Winkel $J'OS = \beta$, und den Winkel $JSO = \gamma$, und hat damit Bestimmungsstücke genug, um n zu finden. Es ist nämlich die Summe der vier Winkel im Viereck SJJ'O,

$$= \gamma + \varphi + 180° - \varphi' + \varphi' + \alpha + 180° - \varphi'' + \beta = 360°,$$

also $\varphi'' = \gamma + \beta + \alpha + \varphi$, und da zugleich

$$\text{Cos. } \varphi = \text{n. Cos. } \varphi' \text{ und}$$

$$\text{Cos. } \varphi'' = \text{n. Cos. } \alpha \text{ Cos. } \varphi' + \text{n Sin. } \alpha \text{ Sin. } \varphi'$$

seyn soll, das ist

$$\text{Cos. } \varphi'' = \text{Cos. } \alpha \text{ Cos. } \varphi + \text{n Sin. } \alpha \sqrt{\left(1 - \frac{\text{Cos.}^2 \varphi}{\text{n}^2}\right)}$$

so wird $\text{Cos.}(\gamma+\beta+\alpha+\varphi) - \text{Cos.}\,\alpha\ \text{Cos.}\,\varphi = -\text{Sin.}\,\alpha \sqrt{(n^2 - \text{Cos.}^2\,\varphi)}$. Hieraus läſst sich n bestimmen, und wenn man für mehrere Winkel den Versuch anstellt, findet man n constant. Wenn SJ mit SO parallel ist, so hat man $\gamma = 0$, für Lichtstrahlen, die von sehr entfernten Puncten herkommen. Nähme man dagegen $\alpha = 0$ oder einen durchsichtigen Körper mit parallelen Flächen, so würde $\text{Sin.}\,\alpha = 0$ und die Formel würde, ohne n zu bestimmen, fordern, daſs

$$\text{Cos.}\,(\gamma+\beta+\varphi) = \text{Cos.}\,\varphi$$

oder $\gamma+\beta = 0$; $\gamma = -\beta$ sey, das ist, der ausfallende Strahl mit dem einfallenden parallel. Hier ist nämlich JSO = — SOJ′, weil der letztere an der entgegengesetzten Seite von OS liegt. Fig. 253.

9. Die Anstellung der Versuche erfordert sehr viel Sorgfalt. Da die von Biot und Cauchoix angestellten Versuche zu den genauesten gehören, die wir haben, so will ich das dabei beobachtete Verfahren nach Biots Beschreibung hier erzählen[1].

a. Der Lichtstrahl muſs so einfallen, daſs er in einer auf die Seitenkanten des Prisma's senkrechten Ebene liege. Man nimmt daher ein Prisma, dessen Grundflächen sehr genau senkrecht gegen die Seitenflächen sind, stellt dieses mit seiner Grundfläche auf eine matt geschliffene Glasplatte, und richtet durch Stellschrauben, worauf die Glasplatte ruht, diese so, daſs ihre Ebene den leuchtenden Punct trifft. Dann wird, wenn dieser Punct ziemlich entfernt ist, ein von dem leuchtenden Puncte auf das Prisma fallender Strahl seinen ganzen Weg in einem auf die Seitenflächen senkrechten Querschnitte vollenden.

b. Um den Einfallswinkel zu bestimmen, stellt man das Prisma in der Lage auf, die es behalten soll; man läſst nun den Lichtstrahl SJ auf die Fläche AB des Prisma's ABC fallen, und beobachtet mit einem genauen Winkel-Instrumente den Winkel S′OJ, den der von der Oberfläche des Prisma's zurückgeworfene Strahl JO, mit dem directen Strahle S′O, macht. Ist nun der Gegenstand so Fig. 254.

1 Traité III. p. 214.

entfernt, daſs man SJ und S'O als parallel ansehen kann, so hat man sogleich den Einfallswinkel
$SJN = \frac{1}{2} SJO = 90° - \frac{1}{2} S'OJ$; wäre dagegen der Gegenstand nicht so sehr entfernt in S, so müſste man auch OSJ messen oder aus den Seiten des Dreiecks OSJ berechnen, um $SJN = 90° - \frac{1}{2}(OSJ + SOJ)$ zu erhalten. Diese Winkel müssen sehr genau gemessen werden, und man muſs daher die bekannten Vorsichtsregeln, daſs des Winkelmessers Mittelpunct genau in O sey, die Ebene des Kreises mit der Ebene des zu messenden Winkels zusammenfalle u. s. w. sorgfältig beobachten.

Man bedient sich bei diesen Versuchen am besten einer, nach Art der Argandschen Lampen, durch starken Luftzug angefachten Lampe, die auſser dem gewöhnlichen Glas-Cylinder noch mit einem Blechcylinder umgeben ist, in welchem ein kleines Loch das Licht durchläſst und den leuchtenden Punct bestimmt. Die Beobachtung der Refraction muſs dann im Dunkeln geschehen, damit das Licht andrer Gegenstände nicht störend einwirke.

Fig. 252. c. Der Winkel J'OS zwischen dem gebrochnen und dem directen Strahle wird ebenfalls mit aller Sorgfalt gemessen. Biot bediente sich dazu, wie zu der vorhin erwähnten Messung, des Wiederholungskreises.

Da ein Lichtstrahl von weiſsem Lichte nach der Brechung in Farbenstrahlen zerlegt wird, so kann man den Werth von n für rothe, gelbe, grüne Strahlen u. s. w. bestimmen, je nachdem man den Punct O im rothen, gelben, grünen Strahle u. s. w. wählt.

10. Die bisher erklärte Methode, um die Stärke der Brechung oder den Werth von n zu bestimmen, ist anwendbar für alle feste durchsichtige Körper, aus denen man Prismen erhalten kann; aber sie ist auch für flüssige Körper brauchbar. Hat man nämlich ein hohles Prisma, dessen Seitenflächen als Glasplatten mit sehr genau parallel geschliffenen Oberflächen bestehen, so bringen diese dünnen Glasplatten keine merkliche Aenderung in der Brechung hervor, und man erhält daher, wenn man das Prisma mit der Flüssigkeit, für welche die Brechung bestimmt werden soll, füllt, eben die Brechung, wie sie

das flüssige Prisma ohne die Glaswände geben würde. Biot giebt[1] ein sinnreiches Mittel an, um der Unannehmlichkeit auszuweichen, die aus dem Zusammenleimen der drei Glasplatten, welche das Prisma bilden sollen, entstehen würde. Man nimmt eine Glasplatte von etwa $\frac{1}{2}$ Zoll dick und 2 Zoll breit, und durchbohrt diese, so dafs eine Oeffnung von 1 Zoll Durchmesser entsteht. Nun läfst man diese Platte zu einem Prisma schleifen, das also ein von der einen Seitenfläche zur andern hinübergehendes Loch hat; man legt an das Prisma zwei Plangläser mit vollkommen parallelen Flächen, um jenes Loch von beiden Seiten zu schliefsen, und kann nun, wenn die Höhlung mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, ohne allen Kitt, die Flüssigkeit in der Höhlung erhalten, weil vollkommen gut abgeschliffene Gläser sich so dicht anlegen, dafs keine Flüssigkeit verloren geht. Jene mit Flüssigkeit gefüllte Höhlung bietet ein hinreichend grofses Stück eines flüssigen Prisma's dar, um damit die Versuche anzustellen.

11. Um die Brechung bei verschiedenen Luftarten zu untersuchen, bedarf es einer besondern Sorgfalt, weil die Brechung hier so sehr geringe ist, und die starken Aenderungen, welche die Wärme und der Druck in der Dichtigkeit der Gasarten bewirken, hier nicht unbeachtet bleiben dürfen.

Um zuerst die bei der Brechung zu bestimmenden Winkel möglichst genau, und auch die Ablenkung des Lichtstrahls so grofs als möglich zu erhalten, dienen folgende Ueberlegungen. Es kommt hier sehr darauf an, diejenige Lage des Prisma's und des einfallenden Strahls zu wählen, bei welcher der Winkel $J'OS = \beta$, den der gebrochene Strahl mit dem directen Strahle macht, nicht erheblich geändert wird, wenn auch bei wiederholten Versuchen die Lage des Prisma's nicht ganz genau dieselbe würde, und das geschieht bekanntlich dann, wenn β einen gröfsten oder kleinsten Werth erhält. Jene Lage wird also gefunden, indem man die Formeln (Nr. 8.) differentiirt und $d\beta = 0$ setzt. Wir hatten dort $\beta = \varphi'' - \alpha - \gamma - \varphi$, also damit $d\beta = 0$

1 Traité III. p. 226.

sey, $d\varphi'' = d\varphi$. Aber die Formeln

$\text{Cos.}\ \varphi = n.\ \text{Cos.}\ \varphi'$ und $\text{Cos.}\ \varphi'' = n.\ \text{Cos.}\ (\alpha + \varphi')$

geben $d\varphi = \frac{n.\ d\varphi'.\ \text{Sin.}\ \varphi'}{\text{Sin.}\ \varphi} = \frac{n.\ d\varphi'.\ \text{Sin.}\ (\alpha + \varphi')}{\text{Sin.}\ \varphi''} = d\varphi''$,

also $\frac{\text{Sin.}\ \varphi'}{\text{Sin.}\ \varphi} = \frac{\text{Sin.}\ (\alpha + \varphi')}{\text{Sin.}\ \varphi''}$; und da zugleich

$\frac{1}{n} = \frac{\text{Cos.}\ \varphi'}{\text{Cos.}\ \varphi} = \frac{\text{Cos.}\ (\alpha + \varphi')}{\text{Cos.}\ \varphi''}$ seyn sollte, so muſs

$\varphi' = 180° - \alpha - \varphi'$ und $\varphi = 180° - \varphi''$ seyn, als der bestimmte Werth, den diese Winkel für diesen Fall erhalten. Wir haben also $\varphi' = 90° - \frac{1}{2}\alpha$ oder die hier geforderte Lage des einfallenden Strahls ist die, bei welcher Fig. 252. der gebrochene Strahl JJ' innerhalb des Prisma's gleiche Winkel mit den Seiten des Prisma's macht.

Um den Winkel β möglichst groſs zu erhalten, während dieser Bedingung Genüge geschieht, muſs man α recht groſs annehmen. Die Brechung nämlich wird desto gröſser, je kleiner φ ist, und folglich je kleiner φ' ist; dieses aber sollte $= 90° - \frac{1}{2}\alpha$ seyn, und α müſste, wenn wir hiernach allein urtheilen wollten, sehr nahe an 180° genommen werden. Das wäre nun freilich, weil dann der einfallende Strahl durch Zurückwerfung zu sehr geschwächt wird, nicht angemessen; aber es erhellet hieraus der Grund, warum man zu den Versuchen mit Luftarten ein ziemlich stumpfwinkliches Prisma nimmt. Borda, Biot und Arago bedienten sich eines Prisma's, dessen brechender Winkel 143° 7' 28'' also $\varphi' = 18° 26' 16''$ war.

Die Versuche von Biot und Arago[1], sind unstreitig die vollkommensten, die man bis jetzt über die Brechung in verschiedenen Gasarten besitzt. Sie bedienten sich, um auf die Veränderungen Rücksicht zu nehmen, die durch Aenderungen in der Dichtigkeit und Erwärmung der Luft entstehen, Fig. 255. folgender Vorrichtung. Das Prisma ab bestand aus einer cylindrischen Röhre, deren Enden so abgeschliffen waren, daſs die Grundflächen den eben erwähnten Winkel von 143° 7' 28'' mit einander bildeten. Diese Grundflächen

---

1 G. XXV. 353 und Biot Traité III. p. 222.

wurden mit Glasplatten, deren Seiten möglichst sorgfältig parallel waren, luftdicht geschlossen, und so das Luftprisma gebildet. Die Röhre hatte senkrecht auf ihre Axe eine Oeffnung, die mit einem Hahne R geschlossen werden konnte, und dazu diente, um vermittelst der Luftpumpe die Röhre luftleer zu machen, und mit andern Gasarten zu füllen; sie hatte ferner nach der andern Seite eine Oeffnung, die mit einem Recipienten VT, worin sich ein Barometer befand, in Verbindung stand, damit dieser Recipient immer mit Luft von eben der Dichtigkeit, wie die im Prisma, gefüllt wäre, und durch die im Recipienten beobachtete Barometerhöhe auch die Dichtigkeit der Luft im Prisma angegeben würde. Die Wärme ward durch ein die Glasplatten von aufsen berührendes Thermometer bestimmt. Die Beobachtung der Richtung des gebrochenen Strahles ward mit dem Wiederholungskreise angestellt, indem man bei der Entfernung des Objectes S die Lichtstrahlen SO, S′O als parallel ansehen konnte, das Fernrohr des unverrückt erhaltenen Theodoliten erst gegen das freie Object richtete, dann das Prisma dazwischen stellte, und den Abweichungswinkel LOL′ auf dem Limbus ablas. Dabei brachte man das Prisma abwechselnd in entgegengesetzte Lagen, so dafs der gebrochene Strahl bei der einen Stellung rechts, bei der andern Stellung links von dem ungebrochenen Strahle lag, und also der kleine Winkel zwischen beiden gebrochenen Strahlen hierdurch schon selbst verdoppelt wurde; die Wiederholung des Versuchs, wobei durch die Messung der Winkel mit dem Wiederholungskreise alle beobachteten Winkel in eine Summe gebracht und die Fehler des Instruments und der einzelnen Beobachtungen unschädlich gemacht wurden, gab nun ein sehr genaues Resultat.

Fig. 256.

Da bei diesen Versuchen jeder kleine Umstand berücksichtigt werden mufste, so kam es darauf an, auch zu wissen, ob die Glasplatten, welche das Luftprisma von beiden Seiten bedeckten, wahre Plangläser mit parallelen Flächen wären. Um dies zu untersuchen, ward das Prisma mit der äufsern Luft in freie Verbindung gesetzt, und da dann, wenn die Gläser genau parallele Flächen hatten, gar keine Ablenkung des Strahles erfolgen durfte, so kam die dennoch statt fin-

dende, freilich höchst geringe, Ablenkung auf Rechnung der Gläser und mußte als eine Correction bei den übrigen Versuchen beachtet werden.

Die mit diesem Apparat und mit diesen Vorsichten angestellten Versuche dienten theils um die Brechung in verschiedenen Gasarten, theils um die Brechung in verdünnter Luft und selbst bei dem Uebergange aus Luft in den leeren Raum zu bestimmen. Die Resultate dieser Versuche werden nachher vorkommen.

12. Eine andere Methode, um die Gröfse der Brechung, vorzüglich bei flüssigen Körpern, zu finden, hat Euler [1] angegeben. Nimmt man nämlich zwei Glas-Menisken, ABC, ADC und füllt den Zwischenraum zwischen den Oberflächen AdC, AbC mit verschiedenen Flüssigkeiten, so ändert sich die Brennweite des so zusammengesetzten Linsenglases, wenn man nach einander verschiedene Flüssigkeiten in diesen Raum bringt. Aus dieser veränderten Brennweite läfst sich der Werth von n für diese Flüssigkeiten berechnen, wie sich aus dem, was im Art. *Linsengläser* gesagt ist, vollständig übersehen läfst. Versuche, die auf diese Weise angestellt sind, hat der jüngere Euler bekannt gemacht [2].

Fig. 257.

Diese Methode schien nur brauchbar für Flüssigkeiten, die in ziemlicher Vollkommenheit durchsichtig sind; aber Brewster [3] hat davon Gebrauch gemacht, um selbst die Brechung für Materien zu bestimmen, die man gewöhnlich als undurchsichtig anzusehen pflegt. Er fand nämlich, dafs viele undurchsichtige Materien, z. B. Pech, Kautschuck und andere, durchsichtig werden, wenn man sich eine sehr dünne Schicht derselben verschafft, und dies veranlafste ihn, die Brechung dieser Materien vermittelst einer sehr dünnen planconcaven Linse zu untersuchen.

Wenn man sich ein gewöhnliches, aus zwei convexen Gläsern zusammengesetztes Mikroskop denkt, worin DE die dem Objecte zugekehrte Linse ist, so wird bekanntlich von

Fig. 258.

1 Mémoires de Berlin 1756. p. 255.

2 Mém. de Berlin pour 1762 p. 279. Auch Fabroni's Versuche G. VI. 149 gehören hieher.

3 G. L. 28 und Brewsters Treatise on new philos. Instruments p. 247.

dem Objecte AB ein Bild ab hervorgebracht, welches man durch das Augenglas GH betrachtet. Die Stelle dieses Bildes ab wird nicht geändert, wenn man ein Planglas uv mit vollkommen parallelen Flächen hinter dem Objectivglase senkrecht gegen die Axe Aa des Mikroskops einsetzt; aber sobald man den Raum DEvu mit einer Flüssigkeit von anderer Brechungskraft, als die der Luft ist, füllt, muſs sich die Stelle des Bildes ändern. Sobald aber dieses geschieht, wird das durch GH den Gegenstand AB betrachtende Auge diesen nicht mehr deutlich sehen, sondern man wird dem Gegenstande eine mehr vom Objectivglase entfernte Stelle geben müssen, damit er wieder deutlich erscheine, oder damit das Bild wieder in ab, wie vorhin, gebildet werde. Wenn man also die Entfernung genau abmiſst, die man dem Gegenstande A von der Vorderseite der Linse DE geben muſs, damit er deutlich gesehen werde, so erhält man auf ganz ähnliche Weise den Werth von n oder das Brechungsverhältniſs, wie vorhin bei dem von Euler vorgeschlagenen Versuche, nur daſs n hier nach den Regeln bestimmt wird, wie es geschieht, wenn die Strahlen nicht von einem unendlich entfernten Puncte kommen. Bei Brewsters Versuchen wurde der Raum DEvu mit einer minder durchsichtigen Materie z. B. Pech, gefüllt, und vermittelst einer Schraube wurde das Planglas so angedrückt, daſs der kleine planconcave Raum zwischen dem Planglase und der Linse dünne genug wurde, um jene Materien als durchsichtig darzustellen. Auch sie machten dann eine eben solche Aenderung in der Stellung des Gegenstandes nöthig, wenn das Bild durch GH deutlich erscheinen sollte, und es läſst sich also die Brechung, welche der Lichtstrahl in jener Materie litt, bestimmen.

13. Da es, selbst um die Brechung fester und durchsichtiger Körper zu bestimmen, doch bei den bisherigen Methoden immer einer sorgfältigen Schleifung und Ausarbeitung eines Prisma's bedurfte (einer theils schwierigen, theils bei kleinern unregelmäſsigen Stücken, und in manchen andern Fällen ganz unausführbaren Arbeit), so dachte Brewster auch hier auf ein leichteres Verfahren. Er überlegte[1], daſs ein durchsichtiger Körper, der wegen une-

1 G. L. 52 und Brewster on philos. Instr. p. 273.

bener Oberfläche die hinter ihm liegenden Gegenstände sehr undeutlich zeigt, als vollkommen durchsichtig erscheinen müsse, wenn man ihn in eine Flüssigkeit taucht, die das Licht genau ebenso als er selbst bricht. Denn dann kann, nachdem alle Unebenheiten der Oberfläche mit dem flüssigen Körper in genaue Berührung gekommen sind, der Lichtstrahl bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Körper weder Brechung noch Zurückwerfung leiden, und es müssen folglich (da der Körper in seinem Innern durchsichtig ist,) die hinter ihm liegenden Gegenstände vollkommen deutlich erscheinen. Um die Richtigkeit dieser Ansicht zu untersuchen, warf Brewster ein durchaus unregelmäfsiges Stück Crownglas, das wegen seiner rauhen Oberfläche als undurchsichtig erschien, in Canadischen Balsam, und fand hier, dafs das Glas fast ganz unsichtbar wurde, dafs es nämlich so durchsichtig erschien, dafs er sogar durch dasselbe lesen konnte.

So liefse sich also, wenn man durch Mischung von Flüssigkeiten einen flüssigen Körper hervorbringt, der den unregelmäfsigen festen in einen durchsichtigen verwandelt, die Stärke der Brechung bestimmen, wenn man die des flüssigen kennt. Aber da dieses doch immer nur oberflächlich seyn würde, wenn man nur das blofse Auge anwendet, so bediente Brewster sich auch hier jenes Mikroskops. Er füllte den Raum DEvu mit einer Flüssigkeit, die er ungefähr als gleiche Brechung mit dem zu untersuchenden festen Körper hervorbringend erkannt hatte, suchte, wie vorhin, die Entfernung des Gegenstandes vom Objectivglase auf, wobei er deutlich erschien; brachte dann ein solches Stück des festen Körpers so, dafs die Lichtstrahlen durch dasselbe gehen mufsten, in den Raum DEvu und beobachtete, ob der Gegenstand noch anders als vorhin gestellt werden mufste, um deutlich gesehen zu werden; war dies der Fall, so ward die Flüssigkeit durch Beimischung einer andern so lange verändert, bis man den Gegenstand bei unveränderter Stellung deutlich sah, sowohl wenn der Raum DEvu mit der Flüssigkeit allein gefüllt war, als wenn sich der feste Körper in ihr befand, und sobald man dies erlangt hatte, liefs sich aus der abgemessenen Entfernung des Gegenstandes vom Objectiv-

glase finden, wie stark die Brechung sowohl in dem flüssigen als in dem festen Körper wäre.

Diese Methode, die Körper ungeachtet der rauhen Oberfläche durchsichtig zu machen, und die Brechung zu bestimmen, gewährt manche praktische Vortheile. Der Optiker, der die Brechung für ein Glas, dessen er sich zu Fernröhren bedienen will, zu wissen verlangt, hat nun nicht erst nöthig, Prismen daraus zu schleifen, um die Brechung kennen zu lernen, sondern braucht sich nur für alle vorkommende Fälle ein Mikroskop auf die angegebene Weise einzurichten. Der Juwelier kann der Unsicherheit, ob ein von aufsen gut aussehender Edelstein nicht vielleicht inwendig rissig ist, ganz ausweichen; denn er braucht ihn nur in Sassafras - Oel oder ein ähnliches zu tauchen, so erkennt er in dem alsdann fast ganz durchsichtig gewordenen Steine alle Risse. Eben das Mittel dient auch, künstliche Pasten von wahren Edelsteinen zu unterscheiden, da sie nicht gleiches Brechungsvermögen besitzen. Eine Mischung von Cassia-Oel und Baum - Oel ist zu diesen Versuchen für eine sehr grofse Menge von Körpern brauchbar, wenn man für jeden das richtige Verhältnifs der Mischung wählt.

14. Endlich mufs ich noch die Methode erwähnen, deren zuerst Wollaston[1] und nachher (mit Berücksichtigung eines Umstandes, den Wollaston übersehen hatte,) Malus sich bedient haben, um die Brechung für völlig undurchsichtige Körper zu bestimmen. Diese Methode beruht auf dem schon oben erwähnten Umstande, (Nr. 4. am Ende), dafs ein aus dem stärker brechenden Körper in einen minder brechenden übergehender Lichtstrahl nur dann wirklich in den letztern übergeht, wenn die Gröfse des Einfallswinkels eine gewisse Gröfse nicht übertrifft, dafs hingegen der Strahl zurückgeworfen wird, wenn der Sinus des Brechungswinkels gröfser als 1 werden müfste.

Es sey ACB ein gläsernes Prisma, dessen Winkel A, B gleich sind, welches mit seiner unteren Fläche AB irgend einen Körper, der das Licht nicht so stark als Glas bricht, innig berührt. Fällt um ein Lichtstrahl FE aus der Luft

Fig. 259.

1 G. XXXI. 235. 225.

auf das Prisma, so wird, wenn DJ das Einfallsloth in E, GH das Einfallsloth in G ist, und 1 : n das Brechungsverhältniſs für Luft und Glas angiebt, Sin. JEG $=$ n. Sin. FED; und damit ist auch HGE $=$ B — JEG gegeben. Der Lichtstrahl EG sollte nun, wenn das Brechungsverhältniſs für den Uebergang aus Glas in die unterhalb AB befindliche Masse n : m ist, unter einem Brechungswinkel $= \varphi$ in diese Masse übergehen, dessen Sinus $= \text{Sin.}\ \varphi = \frac{m}{n}$ Sin. EGH wäre; aber wenn man den Einfallswinkel nach und nach so abändert, bis $\frac{m}{n}$ Sin. EGH gleich oder gröſser als 1 wird, so wird der Lichtstrahl EG zurückgeworfen und ein Auge in O sieht den Gegenstand F in der unteren Fläche des Prisma's abgespiegelt. Bestimmt man also den Werth von Sin. EGH, wobei dies anfängt einzutreten, so ist dann $\frac{m}{n}$ Sin. EGH $= 1$, und folglich m bestimmt.

Diese Regel findet, mit einer kleinen Abänderung, deren Grund ich erst in der Folge (Nr. 27) erklären kann, auch dann statt, wenn die unter AB befindliche Masse eine undurchsichtige ist, und folglich kann auch für undurchsichtige Körper m auf diese Weise bestimmt werden. Bei diesen nämlich wird so lange $\frac{m}{n}$ Sin. EGH kleiner als 1 bleibt, das Licht verschluckt, hingegen zurückgeworfen, wenn diese Grenze (deren Werth noch um ein Geringes corrigirt werden muſs, Nr. 27) überschritten wird[1].

Läſst sich der undurchsichtige Körper, etwa so wie Wachs, das man flüssig an die Fläche AB brachte und daran erkalten lieſs, völlig berührend an die Fläche bringen, so ist die Bestimmung am leichtesten zu erhalten; im entgegengesetzten Falle bringt man zwischen AB und die völlig eben abgeschliffene Fläche des undurchsichtigen Körpers eine Flüssigkeit,

1 Biot zweifelt zwar, ob diese Methode ganz genaue Bestimmungen gebe, indeſs ist sie doch dem Wesentlichen nach gewiſs richtig. Traité III. 295.

die das Licht stärker als dieser selbst bricht, und auf deren Natur es, wenn sie durch parallele Flächen begrenzt wird, weiter nicht ankömmt.

15. Von dieser Bestimmung der Brechung durch Reflexion machte Wollaston noch einen andern nützlichen Gebrauch, um die Verfälschung mancher Flüssigkeiten zu entdecken. Bringt man nämlich, um ein Beispiel anzuführen, einen Tropfen reines Nelken-Oel, und einen Tropfen desjenigen Nelken-Oels, was im Handel vorkömmt, auf die Fläche AB unsers Prisma's, so fängt die Zurückwerfung des Lichtes nicht bei beiden Tropfen zugleich oder mit demselben Einfallswinkel des Lichtstrahls an, sobald das letztere mit irgend einer andern Flüssigkeit verfälscht ist.

Erklärung einiger durch die Brechung hervorgebrachter Erscheinungen.

16. Folgende Erscheinung schliefst sich an die eben durchgeführten Betrachtungen so nahe an, dafs sie kaum noch einer Erklärung bedarf. Wenn man ein Glasprisma auf eine trockene Fläche legt, so kann man leicht dem Auge eine solche Stellung geben, dafs die untere Seite des Prisma's wie ein *Spiegel* erscheint, und dafs von dem nichts gesehen wird, was sich auf der Fläche, auf der es liegt, befindet. Bringt man aber einen Tropfen Wasser auf jene untere Seite des Prisma's, so dafs an einer kleinen Stelle dieser Tropfen sowohl das Prisma als die darunter befindliche Fläche benetzt, so sieht man hier die untere Fläche mit allen darauf befindlichen Schriftzügen u. s. w. ganz deutlich, während der trockene Theil als ein Spiegel erscheint und nichts von der unteren Fläche zu sehen erlaubt. Befindet sich nämlich das Auge in O, so wird ein von d durch die Luft, (welche den Zwischenraum zwischen Prisma und Tafel immer füllt, so lange beide trokken sind) auf das Prisma fallender Strahl de, selbst wenn der Winkel Bed sehr klein wird, nach defg gebrochen, weit oberhalb des Auges weggehen, und kein Lichtstrahl von Gegenständen, die unterhalb AB liegen, gelangt zum Auge, so lange diese Lichtstrahlen durch die Luft gehen.

Fig. 259.

Bringt man aber zwischen de Wasser, so dringt der von d ausgehende Lichtstrahl beinahe ungebrochen bei h in das Prisma ein, weil die Brechung bei dem Uebergange aus Wasser in Glas nur geringe ist. Der Lichtstrahl gelangt also beinahe in der Richtung dk an die obere Seite des Prisma's und kommt mit geringer Brechung nach O zum Auge, daher alle in der Gegend von d befindlichen Gegenstände, aufgezeichnete Linien u. dgl. durch den Wassertropfen fast so, als ob gar kein brechender Körper dazwischen wäre, gesehen werden.

Fig. 260. 17. Wenn man den horizontalen Boden AC eines mit Wasser gefüllten Gefäfses betrachtet, so erscheint er höher, als die natürliche Stellung verstattet. Da nämlich der senkrechte Strahl AD ungebrochen, andere Strahlen hingegen so wie BEO, CFO, gebrochene zum Auge kommen, so erscheint selbst der nahe bei A liegende Theil AB des Bodens unter einem viel gröfsern Sehewinkel DOE als es ohne den flüssigen Körper der Fall seyn würde; wir versetzen daher ungefähr den Theil AB nach ab, den Theil BC nach bc, so dafs bB, cC senkrecht auf die Grundfläche sind, und defshalb erscheint der Boden des Gefäfses uns als höher liegend und hohl. Indefs ist die Bestimmung, in welche Höhe wir uns den Gegenstand herauf gerückt denken, nicht vollkommen strenge, da unsere Schätzungen der Entfernungen nie ganz genau sind[1]. Wenn wir mit beiden Augen auf den Boden jenes Gefäfses sehen, so erhält die Bestimmung der Entfernung mehr Sicherheit. Es sey O das eine, O′ das andere Auge, so müssen die Augenaxen sich nach Oa und O′a richten, wenn wir mit beiden Augen den Punct A in der Mitte unsers Gesichtsfeldes sehen wollen; dagegen müssen beide Augenaxen sich nach Oc, O′c richten, um C in der Mitte des Gesichtsfeldes zu sehen, und wir versetzen also den Punct C nach c, so wie wir A nach a versetzen; diese Puncte a, c sind dann genau bestimmt. Hierher gehört auch die Erscheinung, dafs ein ins Wasser getauchter gerader Stab uns als gebrochen erscheint. Befindet sich

1 Vergl. *Gesicht*.

nämlich das Auge aufserhalb der durch den Stab gelegten Verticalebene, so sieht es den Endpunct des Stabes, der unter dem Wasser liegt, in der durch ihn gehenden Verticallinie höher hinauf gerückt, also nicht in der Verlängerung derjenigen geraden Linie, die der aufser dem Wasser liegende Theil des Stabes bestimmt.

18. Für Strahlen, die auf eine brechende Ebene parallel auffallen, läfst sich leicht übersehen, dafs sie auch nach der Brechung wieder parallel seyn werden; fallen Strahlen convergirend auf, so wird beim Uebergange in ein dichteres Mittel ihre Convergenz geringer.

Geht ein Lichtstrahl durch einen dichteren, an beiden Seiten von parallelen Ebenen begrenzten Körper, so ist, wenn er bei BE in eben das Medium wieder eindringt, was er in CF verliefs, AB mit CD parallel. Gleichwohl kann ein Gegenstand durch einen solchen, von parallelen Ebenen begrenzten Körper gesehen, vergröfsert erscheinen. Ein Auge in A nämlich sieht den Gegenstand DG unter dem Sehewinkel BAE, welcher gröfser ist, als DAG; also erscheint er gröfser, als wenn der brechende Körper nicht da wäre. Es läfst sich leicht übersehen, dafs diese Vergröfserung nur dann erheblich ist, wenn die Dicke am des durchsichtigen Körpers bedeutend in Vergleichung gegen den ganzen Abstand AM ist. Fig. 261.

19. Die Erscheinungen, welche das Prisma darbietet, werden in dem Art. *Prisma* vollständiger betrachtet werden; hier will ich nur, ohne die Verschiedenheit der Farben zu berücksichtigen, kurz folgendes erwähnen.

Wenn man die Axe des dreiseitigen Prisma's, welches ich als ungefähr gleichseitig annehmen will, horizontal hält, und das Auge auf einen der Gegenstände richtet, die ungefähr in einer durch das Auge senkrecht auf die Axe gelegten Ebene liegen, so bemerkt man erstlich, dafs man bei ungefähr horizontaler Lage der Seite LM des Prisma's sein Auge sehr hoch hinauf richten mufs, nämlich nach DC, um den Gegenstand A zu sehen. Zweitens wenn man das Prisma langsam um seine immer horizontal bleibende Axe dreht, so sieht man den Gegenstand A steigen oder sinken und bemerkt, dafs er bei einer gewissen Stellung so niedrig als Fig. 262.

möglich, oder am wenigsten von seiner wahren Stelle entfernt erscheint; dies ist die Stellung, wobei der Strahl BC ein gleichschenklies Dreieck BEC abschneidet [1]. Richtet man seinen Blick durch das immer noch horizontal gehaltene Prisma auf einen horizontal begrenzten Gegenstand, z. B. auf die horizontalen Begrenzungen der Fensterscheiben, so erscheinen diese nicht als horizontal, sondern als bogenförmig gekrümmt, und zwar an den Seiten *aufwärts* gebogen, wenn die Brechung den Gegenstand hinaufwärts gerückt zeigt oder des Prisma's brechender Winkel nach oben gekehrt ist.

Fig. 263. Dies rührt daher, weil das Auge die Gegenstände, welche in der auf die Axe senkrechten Ebene CAB liegen, weniger gebrochen sieht, als die, welche sich in der durch das Auge O gelegten schiefen Ebene FDE befinden; obgleich nun die Brechung nicht ganz so erfolgt, wie in einem Prisma, dessen senkrechter Querschnitt FDE wäre [2], wo wegen des gröſsern Winkels EDF die Brechung stärker ist, so reicht doch diese oberflächliche Betrachtung hin, um zu zeigen, woher diese Bogenform entsteht.

20. Endlich mag hier noch eine Erscheinung erwähnt werden, die etwas schwieriger scheint; Klügel giebt folgenden Versuch an [3]. Man halte ein Brett, worauf zwei Stecknadeln mit einander parallel befestiget sind, senkrecht in ein Gefäſs mit Wasser, so daſs die obere Nadel das Wasser berührt, darauf bringe man das Auge mit dieser Nadel und der untern in eine Ebne, so wird das Bild der unteren gespalten, oder die untere Nadel doppelt erscheinen. Nach Hällströms Bemerkung findet die Erscheinung nur statt, wenn die obere Nadel naſs ist, und (wie es dann immer der Fall seyn wird, wenn man sie über die Wasserfläche erhebt) eine Erhöhung der Wasserfläche neben sich bewirkt. Es sey nun AB der Querschnitt der im Wasser eingetauchten, CD der

Fig. 264.

1 Vergl. oben No. 11.

2 Die Ebene DEF ist nämlich nicht gegen die brechenden Flächen senkrecht.

3 Priestley's Geschichte d. Optik. S. 392, die Erklärung von Hällström G. III. 235. umfaſst alle Umstände, statt daſs ich hier nur bei dem einfachsten Theile der Erscheinung stehen bleibe.

Querschnitt der an der Oberfläche befindlichen Nadel, die neben sich die Wasserfläche EF etwa so, wie EC, FD zeigt, erhoben hat, dann wird ein Lichtstrahl GH, der auf diese geneigte und gekrümmte Fläche fällt, vom Perpendikel HJ abwärts gebrochen, und gelangt in das Auge O, welches bei geradlinigem Fortgange der Lichtstrahlen die Nadel AB als von CD verdeckt sehen würde. Eben so gelangt der Lichtstrahl KLO in das Auge, und dieses sieht daher die untere Nadel doppelt, an beiden Seiten der oberen [1].

Hypothesen über die Ursache der Brechung.

21. Ich will die Erklärungen, die vor Newton nur sehr unbefriedigende Aufschlüsse über diese Erscheinung gaben, nur kurz erwähnen [2]. Descartes nahm an [3], daſs in den dichteren Körpern die Geschwindigkeit des Lichtes *zunähme*, aber so, daſs dabei die mit der brechenden Fläche parallele Geschwindigkeit ungeändert bliebe, und leitete daraus den Satz her, daſs die Sinus des Einfallswinkels und des Brechungswinkels ein unveränderliches Verhältniſs für alle Winkel behalten, wenn die brechenden Mittel dieselben sind. Descartes gab aber keinen Grund an, warum jene Zunahme der wahren Geschwindigkeit doch nur mit einer gleich bleibenden Geschwindigkeit nach der Richtung der brechenden Fläche verbunden sey, auch erklärte er sich nicht darüber, wie die Geschwindigkeit des Lichtes, die er als unendlich ansah (es werde in instanti fortgepflanzt), doch noch einer Zunahme fähig sey.

22. Die Hypothese des Descartes hat wohl unstreitig ganz das Ansehen, als ob sie erdacht sey, um das schon bekannte Phänomen zu erklären, und daher fand sie auch, da sie an sich selbst nicht einleuchtend war, wenig Bei-

1 Ueber die Brechung in Linsengläsern, die aus Kugelsegmenten gebildet sind. S. *Linsengläser*.

2 Montucla hist. des math. II. 248 bis 259. Priestley's Geschichte der Optik. S. 104. handeln umständlicher hiervon.

3 Dioptrice. Cap. II. Nr. IV.

fall. Andre Mathematiker suchten den Weg des Lichtes beim Uebergange in ein andres Mittel aus Principien herzuleiten, die sie auf das so häufig wahr befundene Naturgesetz gründeten, daſs die Natur ihre Zwecke auf dem leichtesten Wege erreiche. FERMAT [1] nahm an, das Licht bewege sich schneller im dünnern Mittel und nehme dann den Weg, auf welchem es in der kürzesten Zeit zu seinem Ziele gelange; er fand daraus dasselbe Gesetz, daſs das Verhältniſs der *Sinus constant* seyn müsse, aber man warf ihm vor, daſs seine Hypothese zwei sich compensirende Fehler enthalte. LEIBNITZ glaubte auch [2], das Licht gelange von einem Puncte zum andern auf dem leichtesten Wege, diese Leichtigkeit des Weges aber stehe im umgekehrten Verhältniſs der Länge und des Widerstandes; den Widerstand aber nahm er in den dichteren Körpern als geringer an (vermuthlich weil er einsah, daſs das schon als richtig anerkannte Gesetz der Brechung eine vergröſserte Geschwindigkeit in dem dichtern Körper fordere).

MAUPERTUIS [3] wandte sein Princip der kleinsten Wirkung, nämlich die Voraussetzung, daſs das Product aus Masse, Geschwindigkeit und durchlaufenem Wege ein Kleinstes seyn müsse, auch hier an. Da die Masse hier nicht in Betrachtung kommt, so führt er die Frage darauf zurück, wie der Weg des von S ausgehenden Lichtstrahls beschaffen seyn muſs, damit er in der Oberfläche AB gebrochen nach K gelange. Stellt SC den Strahl vor der Brechung, CK den Strahl nach der Brechung vor, und sind die Geschwindigkeiten vor und nach der Brechung V und v, so soll SC. V + CK. v = einem Kleinsten seyn, also V.d. SC = — v.d.CK.

Fig. 265.

Die Aenderungen von SC und CK könnten aber hier nur darin bestehen, daſs der Strahl nicht den Weg SCK, sondern den davon wenig verschiedenen SDK nähme, um gebrochen von S nach K zu gelangen, und wenn man Dd, Cc auf die beiden Strahlen senkrecht zieht, so ist

1 Cartesii Epistolae III. 51. 52. 53. 54 Br.

2 Acta Erud. pro anno 1682.

3 Mémoires de l'Acad. de Prusse 1746.

$$cD = d \, . \, CS = CD \, . \, \text{Cos. } SCG$$
$$\text{und } Cd = -d \, . \, CK = CD \, . \, \text{Cos. } ACK,$$

also muſs, vermöge der obigen Gleichung,
$\text{Cos. } SCG : \text{Cos } ACK = v : V$, in unveränderlichem Verhältnisse seyn.

23. Andre Physiker, unter denen auch Barrow sich befindet[1], legten den Lichttheilchen eine parallelpipedische Form bei, und zeigten (dieser Hypothese gemäſs, ganz richtig), daſs wenn diese Theilchen nach der Richtung ihrer einen Seite fortbewegt auf die Oberfläche des dichteren Körpers in geneigter Richtung aufträfen, sie sich um die zuerst auftreffende Ecke drehen, und folglich in einer gegen das Einfallsloth weniger geneigten Richtung fortgehen müſsten. Man stellte noch andre minder leicht zu übersehende Erklärungen auf[2], die ich übergehe, um nun auf die von Newton zu kommen, die allen den Preis abgewonnen hat. Ich will diese zuerst kurz nach Newtons eigner Darstellung[3] mittheilen, und dann die genauer rechnende Entwickelung ausführen, die man bei Laplace und andern neueren Schriftstellern findet.

24. Newton beweist aus den Grundgesetzen der Bewegung folgende drei Sätze: 1. wenn zwei gleichförmige Media durch eine Ebene von einander getrennt sind, und ein Körper, während er sich durch diese Media fortbewegt, von ihnen angezogen wird und daher in einer gegen die Trennungsfläche senkrechten Richtung eine beschleunigende Kraft statt findet, diese Attraction aber in gleichen Abständen von der Trennungsfläche überall gleich ist, so ist der Sinus des Einfallswinkels gegen die Trennungs-Ebene zu dem Sinus des Ausfallswinkels gegen eben diese Ebene in constantem Verhältnisse. 2. Die Geschwindigkeit des Körpers vor dem Eintritt verhält sich zu der Geschwindigkeit nach dem völligen Eintritt in das zweite Medium, wie der Sinus des Ausfallswinkels zu dem Sinus des Einfallswinkels[4]. 3. Wenn bei eben den Voraussez-

1 Lectiones opticae et geometricae. Londini. 1674. Lect. II. §. 4.
2 z. B. Joh. Bernoulli Acta Erud. Lips. pro Anno 1701.
3 Princip. philos. natur. Lib. I. Propos. 94. 95. 96.
4 So wie es oben nach Maupertuis gefunden wurde.

zungen die Bewegung vor dem Eintreten schneller ist als nachher, so kann der Einfallswinkel so groſs werden, daſs eine Zurückwerfung eintritt, wobei der Zurückwerfungswinkel dem Einfallswinkel gleich wird.

Die Beweise hierfür, die Newton synthetisch führt, übergehe ich, und bemerke nur folgendes als den allgemein verständlichen Gang der Schlüsse. So lange das Lichttheilchen in einer gleichartigen Masse fortgeht, wird es nach allen Seiten gleich angezogen und daher in seiner geradlinigen Bewegung nicht gehindert. Kömmt es aber in die Nähe eines unterhalb AB liegenden, stärker anziehenden Medii, so bringt dieses vermöge seiner gesammten Anziehungskräfte eine Beschleunigung in der auf AB senkrechten Richtung hervor und so wie der geworfene Körper wegen der Schwere einen Parabelbogen durchläuft, so durchläuft das von S kommende Lichttheilchen eine gegen B hohle Curve, der Weg des Lichttheilchens ist also bei d, innerhalb des stärker anziehenden Medii, weniger gegen das Einfallsloth geneigt, und das Lichttheilchen geht erst dann nach der Tangente dK dieser Curve fort, wenn es tief genug eingedrungen ist, um von allen Seiten gleich stark angezogen zu werden. Dabei hat nun auch die Geschwindigkeit des Lichttheilchens zugenommen [1] und die genaue mathematische Betrachtung ergiebt für die Bestimmung der Winkel und der Geschwindigkeit die oben erwähnten Gesetze.

Fig. 265.

Tritt das Lichttheilchen aus einem stärker anziehenden Mittel aus und in ein minder anziehendes ein, so wird bei kleinern Einfallswinkeln der Strahl so wie CDE gekrümmt, also der Brechungswinkel gröſser als der Einfallswinkel seyn, bei groſsen Einfallswinkeln aber wird die Attraction des oberhalb AB liegenden Körpers dem Lichtstrahl FD gar nicht erlauben, in das unterhalb liegende Medium einzudringen, sondern er wird die Bahn FDG durchlaufen, also von der Oberfläche AB zurückgeworfen werden. Diese hier als gekrümmt gezeichneten Bahnen erscheinen uns als plötzlich gebrochen oder als aus zwei geraden Linien zusammen-

Fig. 266.

1 Welches anzunehmen schon Cartesius nöthig fand, ohne einen deutlichen Grund dafür angeben zu können.

gesetzt, weil die Ausdehnung der Schicht, worin diese Wirkung vorgeht, so geringe ist, dafs die ganze Krümmung uns nur wie ein Punct erscheint.

25. Vollständig und gründlich lassen sich alle hierbei vorkommende Umstände so übersehen [1]. Obgleich wir allen Grund haben, die Einwirkung der anziehenden Kräfte auf das Lichttheilchen als auf eine sehr geringe Entfernung beschränkt anzusehen, so läfst sich dennoch die ganze Betrachtung so anstellen, wie sie einem weiter ausgedehnten Wirkungskreise angemessen wäre. Es sey also Fig. 267. AB die Fläche, welche zwei Körper von ungleicher Attractionskraft oder ungleicher Einwirkung auf das Licht trennt, cd sey die mit AB parallele Ebene, wo jene Einwirkung anfängt, und ef die Ebene, wo die Einwirkung aufhört. GH sey der gerade Weg eines mit der Geschwindigkeit $= V$ unter dem Einfallswinkel $GHJ = \alpha$ eintretenden Lichttheilchens, dessen mit AB parallele Geschwindigkeit also $= v. \text{Sin.}\, \alpha$, dessen auf AB senkrechte Geschwindigkeit $= v. \text{Cos.}\, \alpha$ ist [2]. Uebt nun der unterhalb AB liegende Körper eine stärkere Anziehung, als der oberhalb liegende aus, so können wir es ansehen, als ob jener allein anziehend wirkte mit einer Attraction, die dem Unterschiede der Attractionen beider gleich ist. Die Richtung dieser Attraction ist gegen AB senkrecht, und wenn man die Geschwindigkeit des in L angekommenen Lichttheilchens $= u$ und den Neigungswinkel des Strahles gegen das Einfallsloth an dieser Stelle $= \eta$ nennt, so bleibt die mit AB parallele Geschwindigkeit, $= u. \text{Sin.}\, \eta$, ungeändert, die auf AB senkrechte Geschwindigkeit aber, die so eben $= u. \text{Cos.}\, \eta$ war, geht in dem kleinen Zeitraume dt in $= u. \text{Cos.}\, \eta + G dt$ über, wenn G die Gröfse der Attraction an dieser Stelle ausdrückt. Diese Ueberlegung zeigt, dafs $d. (u. \text{Cos.}\, \eta) = G dt$ ist, oder da G ohne Zweifel eine Function des senkrechten Abstandes von AB ist, den ich s nennen will, und der sich in der Zeit dt um $u. \text{Cos}\, \eta. dt = ds$ ändert, so ist

---

1 Laplace Mécanique céleste Livre. 2.

2 Vergl. *Bewegung*.

$$2\,u.\,\text{Cos.}\,\eta.\,d.\,(u.\,\text{Cos.}\,\eta) = 2\,G\,d\,s$$
$$u.^2\,\text{Cos.}^2\,\eta = \int 2\,G\,d\,s.$$

Dieses Integral mufs so genommen werden, dafs es verschwindet bei H, und seinen vollen Werth bei m erhält, wo der Strahl in die Oberfläche AB eintritt; nenne ich also den so genommenen Werth von $\int 2\,G\,d\,s = P$, so ist beim Eintritt in die Oberfläche AB wenn dort die Geschwindigkeit $= u'$ und der Winkel $= \eta'$ wird

$$u'.\,\text{Cos.}\,\eta' = \sqrt{\{v^2.\,\text{Cos.}^2\,\alpha + P\}},$$

und zugleich

$$u'.\,\text{Sin.}\,\eta' = v.\,\text{Sin.}\,\alpha,$$
$$\text{also } u'^2 = v^2 + P.$$

Eben die Schlüsse gelten aufs neue, wenn der Lichtstrahl sich zwischen AB und ef fortbewegt, indem auch da die gesammte Anziehung nach dem dichteren Körper zu gröfser ist, so lange das Lichttheilchen, bei n z. B. von allen zwischen P und o liegenden Theilchen angezogen wird. Man kann also, wenn das auf ähnliche Art wie vorhin bestimmte, und von AB bis ef genommene Integral $= P'$ ist, und u'' die Geschwindigkeit, η'' den Neigungswinkel bei der Ankunft in ef bedeuten:

$$u''.\,\text{Cos.}\,\eta'' = \sqrt{(v^2.\,\text{Cos.}^2\,\alpha + P + P')}$$
$$u''.\,\text{Sin.}\,\eta'' = v.\,\text{Sin.}\,\alpha, \text{ setzen.}$$

Da jenseits ef der Lichtstrahl so von dem dichteren Körper umgeben ist, dafs er von allen Seiten gleich angezogen wird, so geht er von dort an geradlinig fort, und η'' ist der Brechungswinkel, die Formel $u''.\,\text{Sin.}\,\eta'' = v.\,\text{Sin.}\,\alpha$, giebt den zweiten Newtonschen Satz (Nr. 24) dafs $v : u'' = \text{Sin.}\,\eta'' : \text{Sin.}\,\alpha$ und da $u'' = \sqrt{(v^2 + P + P')}$ ganz unabhängig von dem Einfallswinkel α ist, so ist das Verhältnifs $u'' : v$ und folglich das Verhältnifs der Sinus des Einfallswinkels und des Brechungswinkels immer dasselbe für jeden Werth von α, so wie es Snellius Versuche angaben; — also ein Beweis für Newtons ersten Satz.

26. Es läfst sich auch noch beweisen, dafs $P' = P$ ist. Da hi die ganze Wirkungssphäre der Attractionen seyn sollte, so wird, wenn $hf' = hf''$ ist, ein Theilchen in f'' eben so stark als ein Theilchen in f' nach dem Innern des dichtern Körpers zu gezogen. Denn nehme ich für das er-

stere Theilchen $g' f' = h f'$, so heben die Attractionen der zwischen $g' l'$ und zwischen $h f'$ liegenden Schichten einander ganz auf; trage ich $g' l = f' k =$ der Ausdehnung der Wirkungssphäre auf, so wird also das Theilchen in f' von der dünneren Masse $g' l$ hinaufwärts und von der dichteren Masse $h k$ herabwärts gezogen; der Unterschied beider Attractionen wird an dieser Stelle den Werth von G in der Formel $G\,dt$ geben. Aber genau so wird, wenn $h f'' = h f'$ ist, die Attraction der Schichten $v h f''$, $f'' g''$ sich gegenseitig aufheben, und nur der Unterschied der Attractionen von $g'' k''$ und $h l''$ wirksam und $= G$, dem für f' geltenden Werthe gleich seyn. Da nun dies gilt für alle gleiche Abstände oberhalb und unterhalb AB, so wird das Integral P, welches gleichsam die Summe aller Werthe von G ist, mit dem Integral P' einerlei seyn. Wir haben also

$$u''. \text{Cos}.\, \eta'' = \sqrt{(v^2. \text{Sin}.^2\, \alpha + 2\, P)}.$$

Wenn der Körper, in welchen der Lichtstrahl hineingeht, dünner ist oder das Licht weniger anzieht, so wird offenbar P negativ und wir erhalten dann für den Eintritt in die Oberfläche AB:

$$u' = \sqrt{(v^2 - P)}$$

für den vollkommenen Eintritt in die Schicht wo der Fortgang des Lichtstrahls geradlinig wird:

$$u'' = \sqrt{(v^2 - 2\, P)}.$$

Die gegen AB senkrechten Geschwindigkeiten werden dann durch

$$u'. \text{Cos}.\, \eta' = \sqrt{(v^2. \text{Cos}.^2\, \alpha - P)}$$

$$\text{und } u''. \text{Cos}.\, \eta'' = \sqrt{(v^2. \text{Cos}.^2\, \alpha - 2\, P)}$$

ausgedrückt.

27. Hier kann sich der Fall ereignen, daſs die Wurzeln unmöglich werden. Wäre die letzte Wurzel noch nicht unmöglich, sondern nur $v^2. \text{Cos}.^2\, \alpha = 2\, P$, so wäre $u''. \text{Cos}.\, \eta'' = 0$, also $\eta'' = 90°$, und der unter einem solchen Winkel $= \alpha$ einfallende Strahl für den $\text{Cos}.\, \alpha = \frac{\sqrt{2\, P}}{v}$ ist, würde seinen Weg in dem dünneren Medio unmittelbar an der Fläche $e f$ selbst fortsetzen. Sobald das ganze Integral $= 2\, P$ gröſser ist als $v^2. \text{Cos}.^2\, \alpha$, so

wird der Strahl schon ehe er ef erreicht mit der Oberfläche parallel, nämlich an der Stelle, wo das Integral $\int 2\,G\,ds$ einen mit $v^2 . \mathrm{Cos.}^2\,\alpha$ gleichen Werth erhält. Wenn dieses in u geschieht, so läfst sich leicht zeigen, dafs die Attraction den Strahl nöthiget, von u an eine der Curve vu ganz gleiche Curve uw zu durchlaufen, und der so einfallende Strahl vu wird unter einem Winkel, der dem Einfallswinkel gleich ist, zurückgeworfen, welches der dritte Newtonsche Satz ist.

Bei dieser Zurückwerfung kann man zwei Fälle unterscheiden. Wenn schon $P > v^2 . \mathrm{Cos.}^2\,\alpha$, so wird der Strahl gar nicht die Oberfläche AB des minder brechenden Körpers erreichen; dagegen wenn zwar $P < v^2 . \mathrm{Cos.}^2\,\alpha$, aber $2\,P > v^2 . \mathrm{Cos.}^2\,\alpha$ ist, so dringt er zwar in diesen ein, verläfst ihn aber dennoch wieder, indem sein Weg eine Curve, wie vuw, deren Scheitel unterhalb AB liegt, bildet.

Wenn man, wie wir es in Nr. 14 thaten, $\mathrm{Sin.}\,\eta'' = \frac{m}{n} . \mathrm{Sin.}\,\alpha$ setzt, so dafs sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels wie n zu m verhält, so erhalten wir aus den Formeln

$$u'' . \mathrm{Sin.}\,\eta'' = v . \mathrm{Sin.}\,\alpha,$$

$$\text{und } u''^2 = v^2 - 2\,P$$

$$u''^2 = \frac{n^2}{m^2}\,v^2 = v^2 - 2\,P,$$

also $2\,P = v^2 \left(1 - \frac{n^2}{m^2}\right)$ für den Uebergang in minder brechende Körper, wo $\frac{n}{m} < 1$ ist. Der erste Fall der Zurückwerfung, wo der Strahl die Brechungsfläche gar nicht erreicht, findet also statt, wenn

$$P > \frac{2\,P . \mathrm{Cos.}^2\,\alpha}{1 - \frac{n^2}{m^2}} \text{ oder } \mathrm{Cos.}^2\,\alpha < \frac{1 - \frac{n^2}{m^2}}{2}$$

ist; der zweite Fall der Zurückwerfung dagegen, wenn $\mathrm{Cos.}^2\,\alpha$ zwischen den Grenzen

$$\frac{1 - \frac{n^2}{m^2}}{2} \text{ und } 1 - \frac{n}{m^2} \text{ liegt.}$$

Und hier wird nun die genaue Bestimmung verständlich, auf welche ich bei WOLLASTOWS Versuchen (nr. 14) hindeutete. Bei durchsichtigen Körpern nämlich, deren Brechungskraft geringer ist als die Brechungskraft des Körpers, aus welchem der Strahl austritt, fängt die Zurückwerfung schon an, sobald $Cos.^2\ \alpha = 1 - \frac{n^2}{m^2}$ oder $Sin.\ \alpha = \frac{n}{m}$ ist; aber bei undurchsichtigen Körpern gehen alle einmal in die Oberfläche eingedrungene Strahlen nicht mehr aus ihr hervor, sondern werden nach der Natur des undurchsichtigen Körpers verschluckt, und folglich werden nur die Strahlen reflectirt, welche jene Oberfläche gar nicht erreichen, das ist die, für welche $Cos.^2\ \alpha < \frac{1 - \frac{n^2}{m^2}}{2}$ ist, so dafs $Cos.\ \alpha = \sqrt{\left(\frac{1 - \frac{n^2}{m^2}}{2}\right)}$ die Grenze dieser Zurückwerfungen ist, und

$\frac{n}{m} = \sqrt{(1 - 2\ Cos.^2\ \alpha)}$, aus der Beobachtung des Winkels, bei welchem die Zurückwerfung anfängt, gefunden wird.

28. Hier läfst sich nun auch erklären, was wir im strengsten Sinne unter *Brechungsvermögen*, oder *brechender Kraft* eines Körpers verstehen müssen[1].

Diese Kraft ist offenbar die gesammte Wirkung des Körpers auf das Licht, also einerlei mit dem, was wir kurz vorher $= 2\ P$ gefunden und durch $= v^2 \left(1 - \frac{n^2}{m^2}\right)$ für den Uebergang in minder brechende Mittel angegeben haben; da wo der Strahl in dichtere Mittel übergeht, ist sie offenbar $= v^2 \left(\frac{n^2}{m^2} - 1\right)$. Ist also z. B. für Wasser $\frac{n}{m} = \frac{4}{3}$, so ist die Brechungskraft $= \frac{7}{9}$, und für Glas, wo $\frac{n}{m} = \frac{3}{2}$, ist sie $= \frac{5}{4}$.

1 Newtoni optice. Pars III. Propos. 10. G. XXVI. 71.

Newton hat eben den Ausdruck für die Brechungskraft auf einem andern Wege gefunden. Fällt ein Lichtstrahl aus einem minder brechenden Medio auf die Oberfläche eines stärker brechenden unter einem so großen Einfallswinkel, daſs man fast $\alpha = 90°$, $Sin.\ \alpha = 1$, setzen kann; dann wird der Sinus des Brechungswinkels $= \frac{m}{n} =$ Sin. η und die Geschwindigkeit, welche das Lichttheilchen, nach einer auf die Oberfläche senkrechten Richtung erlangt, ist $=$ v. Cotg. $\eta = v. \sqrt{\left(\frac{n^2}{m^2} - 1\right)}$. Da nun bei gleichen durchlaufenen Wegen die Kräfte sich wie die Quadrate der bewirkten Geschwindigkeiten verhalten, so ist $v^2 \left(\frac{n^2}{m^2} - 1\right)$ der Ausdruck für die Brechungskraft, die also da v unveränderlich ist, durch $\frac{n^2}{m^2} - 1$ gegeben wird.

Diese Bestimmung giebt die *absolute Brechungskraft*; da man nun findet, daſs diese der Dichtigkeit proportional ist, wenn man sie bei einem Körper untersucht, der verschiedene Dichtigkeiten annehmen kann, daſs sie aber bei zwei verschiedenen Körpern, selbst wenn diese gleiche Dichtigkeiten haben, ungleich ist, so kann man die absolute Brechungskraft $=$ f.D setzen, wenn D die Dichtigkeit bedeutet. Die Gröſse f bedeutet dann das was man *specifische Brechungskraft*[1] nennt, nämlich diejenige Zahl, welche das verschiedene Brechungsvermögen der verschiedenen Körper dann ausdrücken würde, wenn man diese auf gleiche Dichtigkeit zurückführen könnte.

Angabe der Brechung in verschiedenen Körpern.

29. Die Tafel, die ich hier mittheile, enthält in der ersten Columne das *Brechungsverhältniſs* oder die Zahl, mit welcher der Sinus des Einfallswinkels dividirt werden muſs, um den Sinus des Brechungswinkels für den in diese Materie eindringenden Strahl anzugeben. Die zweite Co-

1 G. XXVI. 71.

lumne enthält die *Brechungskraft*, die man findet, wenn man von dem Quadrate jener Zahl 1 subtrahirt. Die dritte Columne enthält, wo ich sie habe angeben können die *Dichtigkeit* des Körpers, die vierte die *specifische Brechungskraft* oder die Zahl der zweiten Columne mit der der dritten dividirt[1].

	Brechgs. Verhältn.	Absol. Brch. Kr.	Dichtigk.	Specif. Brch. Kr.
Chromsaures Blei der am stärksten, der am schwächsten gebrochene Strahl	2,974	7,845		
	2,503	5,145		
Realgar (rothes Rauschgelb)	2,549	5,497	3,225	1,705
Diamant	2,487	5,185	3,521	1,473
	2,470	5,101		1,449
Diamant nach Newton	2,439	4,949		1,406
Phosphor	2,224	3,946	1,770	2,230
Spiefsglanzglas	2,216	3,910	4,946	0,790
Schwefel, gediegner (doppelt brechend)	2,115	3,473	2,033	1,708
Kohlensaures Blei doppelt brechend	2,084	3,342		
	1,813	2,287		
Schwefelsaures Blei	1,925	2,706		
Granat	1,815	2,294	4,188	0,548
Blauer Sapphir	1,794	2,218	4,000	0,554
Rubin-Spinell	1,761	2,101	3,700	0,568
Chrysoberyll	1,760	2,098	3,710	0,565
Turmalin	1,668	1,782		
Kalkspath doppelt brechend	1,665	1,772	2,715	0,653
	1,519	1,307		0,481
Cassia-Oel	1,641	1,693		
Gelber Topas	1,638	1,684	3,550	0,474
Salmiak	1,625	1,640	1,420	1,155

1. Die Zahlen der erstern Columnen sind meistens aus Brewsters Tr. on new phil. Instr. p. 283 genommen und einige aus Wollastons Beob. G. XXXI. 249. LVI. 274 u. a. nachgetragen.

	Brechgs. Verhältn.	Absol. Brech. Kr.	Dichtigk.	Specif. Brech. Kr.
Guajak	1,619	1,621	1,229	1,319
Flintglas				
nach Brewster von	1,616	1,611		
nach Brewster bis	1,596	1,547		
nach Fraunhofer für				
gelbe Strahlen	1,639	1,687	3,723	0,453
Anis-Oel	1,601	1,564		
Horn	1,565	1,449		
Bergkrystall	1,562	1,440	2,653	0,545
Burgund. Pech	1,560	1,434		
Steinsalz	1,557	1,424	2,143	0,664
Bernstein	1,552	1,409	2,230	0,632
Schwefelsaures Kupfer	1,547	1,398	1,080	1,290
Phosphorsäure, feste	1,544	1,384	2,687	0,515
Crownglas	1,544	1,384	2,520	0,549
	1,534	1,353		0,537
Caoutchouc	1,534	1,353	0,933	1,450
Die verschiedenen Glasarten, welche Brewster anführt geb.	1,729	ein tief rothes Glas.		
bis	1,527	Tafelglas		
Nelken-Oel	1,535	1,356	1,036	1,309
Salpeter (*)	1,524	1,322	1,920	0,689
Gelbes Wachs	1,522	1,313	0,965	1,361
Arab. Gummi	1,512	1,286	1,452	0,886
Nufs-Oel	1,507	1,271		
Kampfer n. Wollaston	1,487	1,211	0,989	1,224
Schwefelsaures Eisen				
dopp. brech.; stärkst. Br.	1,494	1,231	1,715	0,718
Terpentin-Oel	1,476	1,178	0,885	1,332
Borax	1,475	1,175	1,720	0,683
Oliven-Oel	1,470	1,161	0,915	1,269
Schwefelsäure	1,440	1,074	1,841	0,583
Flufsspath	1,436	1,061	3,180	0,334
Salpetersäure	1,406	0,977	1,480	0,660
Salzsäure	1,376	0,893	1,150	0,776

	Brechgs. Verhältn.	Absol. Brch. Kr.	Dichtigk.	Specif. Brch. Kr.
Alkohol . . .	1,374	0,887	0,825	1,076
Ambra - Oel . . .	1,368	0,870		
Eiweiß . . .	1,361	0,853	1,090	0,783
Salzwasser . . .	1,343	0,804		
Wasser . . .	1,336	0,785	1,000	0,785
Eis	1,307	0,708	0,916	0,775
Tabascheer sehr harter aus Nagpore . . .	1,182	0,397		
Tabascheer aus Hyderabad . . .	1,1115	0,235		

Der Tabascheer findet sich in dem weiblichen Bambusrohr, zuweilen flüssig wie Milch, zuweilen verdickt; meistens als harte Concretion und zuweilen durchsichtig.

So *unvollkommen* diese Tafel in Rücksicht auf die darin berechneten specifischen Brechungskräfte ist, da bei manchen Substanzen die *Dichtigkeit nicht fest bestimmt* ist, und die Urheber der Versuche nicht angegeben haben, wie groß bei den von ihnen gebrauchten Substanzen die Dichtigkeit war, so lassen sich doch einige Resultate wohl angeben. Die Edelsteine, der Bergkrystall, die gewöhnlichern Glasarten stehen einander ziemlich nahe etwa zwischen 0,47 und 0,57; die Salpetersäure, die Schwefelsäure und die Neutralsalze stehen wieder einander ziemlich nahe von 0,6 bis 0,7 [die Salzsäure macht eine Ausnahme] und an sie schließen sich die metallischen Salze an; dann folgen Wasser, Eiweiß, arabischer Gummi; die Körper, die eine noch größere specifische Brechungskraft haben, sind fast alle brennbar, Alkohol, Campher, Olivenöl, Bernstein, Caoutchouc, Nelkenöl, Guajakharz, Wachs, Diamant, Schwefel und endlich Phosphor folgen hier einander. Der Salmiak hat ebenfalls eine sehr starke Brechungskraft, welches nach Biot's Meinung daraus, daß das Ammoniak Wasserstoff enthält, zu erklären ist.

Nach Biot's Versuchen über die Brechungskraft der Gasarten, hat nämlich das Wasserstoffgas eine sehr große brechende Kraft, und alle Körper, die Wasserstoff in ihrer Mischung enthalten, zeigen dieses Bestandtheils wegen eine starke Brechung. Aus diesen Versuchen ergab sich das Gesetz, daß

nicht bloſs das absolute Brechungsvermögen bei Medien, die einer Verdichtung fähig sind, der Dichtigkeit proportional sey, sondern auch, daſs bei Mischungen das specifische Brechungsvermögen bestimmt werde, wenn man es nach dem Verhältnisse der Mischungsantheile aus dem Brechungsvermögen der Bestandtheile bestimme[1]. Dieses bei bloſsen Mengungen genau zutreffende Gesetz findet sich auch bei denjenigen innigen Verbindungen bestätiget, wo die Stoffe keine sehr groſse Verdichtung erlitten haben, z. B. bei atmosphärischer Luft, Ammoniakgas u. s. w., bei sehr starker Verdichtung der Stoffe, wie z. B. beim Wasser, in welchem 0,883 Gewichtstheile Sauerstoff mit 0,117 Gewichtstheile Wasserstoff verbunden sind, findet einige, doch nicht so sehr erhebliche Aenderung statt; denn wenn man beim Wasser nach dem eben angegebenen Mischungsverhältnisse die specifische Brechungskraft berechnet, so sollte sie = 0,3465 + 0,3525 = 0,6990 seyn, statt daſs sie nach allen Versuchen = 0,7846 ist, also etwa um ein Neuntel verschieden[2]. Die folgende Tafel zeigt die Resultate der Biotschen Versuche[3], wo den vorigen Columnen noch eine beigefügt ist, welche die specifische Brechungskraft mit der der atmosphärischen Luft zu vergleichen dient.

	Absolute Brechgungskraft	Dichtigkeit.	Specifische Brechgs. kraft bei 0° Wärme u. 0,76 Met. Druck.	
Atmosphär. Luft	0,00058917	0,0012937	0,4554	1,000
Sauerstoffgas	0,00056020	0,0014277	0,3920	0,861
Stickgas	0,00059044	0,0012537	0,4710	1,034
Wasserstoffgas	0,00028531	0,0000947	3,0128	6,614
Ammoniakgas	0,00076235	0,0007719	0,9876	2,168
Kohlensaur. Gas	0,00089957	0,0019659	0,4576	1,005

B.

1 Nämlich, wenn $\frac{m}{n}$ und $\frac{n-m}{n}$ die Quantitäten der beiden Bestandtheile ausdrückten, P′ und P″ die specifischen Brechungskräfte derselben, P die specifische Brechungskraft der Mischung, so ist $P = P'.\frac{m}{n} + P'' \frac{(n-m)}{n}$.

2 G. XXVI. 91. 112.

3 G. XXVI. 94.

Brechung, doppelte.

Refractio gemina; La double Refraction; *Double Refraction.*

1. Wenn wir einen Gegenstand durch einen durchsichtigen Körper sehen, so sind wir zwar wohl gewohnt, *ihn* in einer andern Richtung, als in der, wo er sich wirklich befindet, zu sehen; wir sind auch gewohnt, sein Bild durch Farbenränder undeutlich zu sehen, so als ob ein blaues Bild an der einen, ein rothes Bild an der andern Seite des Gegenstandes über ihn hinaus vorragte; aber dennoch sehen wir den Gegenstand bei den uns am gewöhnlichsten vorkommenden durchsichtigen Körpern immer nur *einmal* dargestellt, und es überrascht uns daher, wenn wir andere durchsichtige Körper finden, die den Gegenstand doppelt, oder zwei völlig getrennte Bilder desselben Gegenstandes, zeigen. Diese doppelten Bilder, die sich uns darbieten, wenn wir einen Gegenstand durch krystallisirte Körper, deren Krystallform kein Würfel, kein reguläres Oktoëder und kein Rhomboidaldodekaëder ist, betrachten, entsteht durch doppelte Strahlenbrechung, oder dadurch, dafs diese brechenden Körper auf einige Lichttheilchen mit einer anderen Kraft als auf die übrigen wirken. Wir werden nachher sehen, durch welche verschiedene Eigenschaften die der einen Brechung folgenden Lichtstrahlen sich von denen auszeichnen, welche der andern folgen.

2. Da der **Kalkspath** (chaux carbonatée rhomboidale, *calcareous Spar*) sonst unter dem Namen Isländischer Krystall bekannt, diese Eigenschaft der doppelten Brechung in hohem Grade besitzt, so will ich mit der Beschreibung der Krystallform dieses Körpers und der Erscheinungen, welche er darbietet, anfangen.

Die Krystalle des Kalkspaths sind schiefe Parallelepipeda, und wenn der Krystall die seiner primitiven Form angemessene Gestalt hat, so sind seine Seitenflächen gleichseitige Rhomben, deren Winkel 78° 5′ und 101° 55′ enthalten; die Seitenflächen sind dann unter Winkeln von 74° 55′ und 105° 5′ gegen einander geneigt, und unter den körperlichen Ecken sind zwei aus gleichen Seitenflächen, jede = 101° 55′, sechs aus zwei gleichen Seitenflächen von 78° 5′ und einer

von 101° 55′ gebildet. Die gleichseitigen körperlichen Ecken bilden die zwei stumpfen Ecken des Krystalls, und wenn man zwischen ihnen eine Diagonale zieht, so ist dieses diejenige, die man *die Axe des Krystalles* oder die Krystallisations-Axe nennt. Sie ist gegen alle Seitenflächen gleich geneigt unter einem Winkel von 45° 23′ 25″, und die durch sie und zwei parallele Kanten gelegte Ebene heiſst ein Hauptschnitt des Krystalls.

3. Dieser Kalkspath zeigt nun, wenn man durch ihn sieht, fast in allen Lagen die Gegenstände doppelt. — Eine Entdeckung, die schon Bartolinus in der Mitte des 17. Jahrhunderts machte [1], die Huygens durch eine mit ungemeinem Scharfsinn angelegte Reihe von Versuchen sehr vervollkommnete [2], und die in den neuesten Zeiten durch die dabei sich zeigenden Modificationen des Lichts höchst wichtig geworden ist [3].

Man sieht diese doppelte Brechung zum Beispiel, wenn man den Krystall auf ein beschriebenes Papier legt, wo die Gegenstände, die Buchstaben u. s. w. doppelt erscheinen. Eben so sieht man auch, wenn ein Sonnenstrahl durch eine enge Oeffnung auf ihn fällt, zwei getrennte Strahlen in verschiedenen Richtungen aus ihm an der andern Seite hervorgehen. Dieser Körper (und eben das gilt von vielen andern) wirkt also auf das Licht so ein, daſs er einen Theil des Lichtstrahls nach andern Gesetzen als den übrigen Theil bricht; und da man findet, daſs bei dem einen Theile oder Strahlenbüschel die gewöhnlichen Gesetze der Brechung gelten, bei dem andern aber andere, so nennt man jenen *den gewöhnlich gebrochenen*, diesen *den ungewöhnlich gebrochenen* Strahl.

4. Um die Gesetze dieser ungewöhnlichen Brechung zu finden, hat Malus ein sehr einfaches und zu lehrreichen Schlüssen führendes Verfahren vorgeschlagen.

---

1 Erasm. Bartolini experimenta Crystalli Islandici Disdiaclastici, quibus mira refractio detegitur. Havniae. 1669, u. Philos. Transact. Nr. 67.

2 Hugenii traité de la lumière. Leyd. 1690.

3 Beiträge zur Geschichte der Entdeckung in Brewsters Edinb. philos. Journal. I. 289. u. folg.

Auf das Papier, worauf man den Krystall legt, zeichne man ein rechtwinkliges Dreieck, dessen kleine Seite BC ein bestimmtes Verhältnifs gegen AC habe, z. B. BC $= \frac{1}{8}$ AC; man theile AC und AB in eine bestimmte Anzahl Theile und numerire die Theilstriche; und nun beobachte man, da durch den Krystall das Dreieck ABC mit seinem Doppelbilde A′B′C′ erscheint, wo A′C′ und AB sich schneiden; dieser Punct F bezeichnet uns auf AB und AC die beiden Puncte F und F′ deren einer durch gewöhnliche, der andere durch ungewöhnliche Brechung einen Strahl in einer und derselben Richtung zum Auge sendet. Um nun über die Lage der von F und F′ ausgehenden und vereinigt in der Richtung IO zum Auge O gelangenden Strahlen sich zu belehren, mifst man, nachdem die Seitenflächen des Krystalles genau horizontal gestellt sind, mit einem getheilten Kreise den Winkel JOV, den der ausfallende Strahl mit der Verticallinie, das heifst mit dem Einfallslothe OV macht, bestimmt den Punct J des Krystalles und erhält so, da die Lage der Puncte F, F′, in Beziehung auf den in sorgfältig gewählter Stellung aufgelegten Krystall auch bekannt ist, alles was zur Kenntnifs der Brechung erforderlich ist.

Fig. 268.

Fig. 269.

5. Mit Hülfe dieser Vorrichtung kann man sich leicht überzeugen, *dafs* das eine Hauptgesetz der gewöhnlichen Brechung, *nämlich dafs* der einfallende und der gebrochene Strahl *mit dem* Einfallsloth in einer Ebene liegen, bei der ungewöhnlichen Brechung nicht allgemein statt findet; ferner dafs auch das Gesetz, ein senkrecht einfallender Strahl gehe ungebrochen fort, für die ungewöhnliche Brechung nicht gilt. Aber wir wollen sogleich zur Bestimmung eines Hauptgesetzes dieser ungewöhnlichen Brechung übergehen.

6. Obgleich im Allgemeinen der ungewöhnlich gebrochene Strahl nicht mit dem Einfallslothe und dem einfallenden Strahle *in* derselben Ebene liegt, so giebt es doch, wenn man den Strahl auf die natürliche Oberfläche des Krystalles auffallen läfst, eine gewisse Lage des Strahles, bei welcher diese drei *Linien in* eine Ebene fallen, in welcher sich dann offenbar zugleich der gewöhnlich gebrochene Strahl mit befindet. Man bestimmt diese, wenn man das

Fig. 268. Auge in eine durch BC senkrecht auf die Ebene ABC gesetzte Ebene bringt, und hierauf den auf ABC aufliegenden Krystall so lange dreht, bis die Linien BC, B'C' der beiden Bilder auf einander fallen. Dieses aber findet statt, wenn BC entweder mit der durch die stumpfen Winkel der Grundfläche gezogenen Diagonale zusammenfällt oder auch nur mit ihr parallel ist. In diesem Falle liegen also der einfallende und beide gebrochene Strahlen in einer Ebene, die mit der Ebene des Hauptschnittes *parallel* ist, und wenn man in ihr durch den Einfallspunct des Strahles eine Linie mit der Axe des Krystalls *parallel* zieht, so findet man, daſs der ungewöhnlich gebrochene Strahl allemal mit dieser Linie einen gröſseren Winkel macht, als

Fig. 270. der gewöhnlich gebrochene Strahl, so daſs wenn ABA'B' die Ebene vorstellt, worin die Strahlen sich befinden, und JA'' die mit der Axe parallele Linie ist, sowohl für den einfallenden Strahl LJ, als für den einfallenden Strahl L'J, der ungewöhnlich gebrochene Strahl, JE im einen und JE' im andern Falle, mit JA'' einen gröſseren Winkel macht, als der gewöhnlich gebrochene Strahl, den wir in jenem Falle durch JO, in diesem Falle durch JO' darstellen müſsten.

Diese Erscheinung giebt uns Veranlassung, die Ablenkung des ungewöhnlich gebrochenen Strahles als *Wirkung* einer von JA'' ausgehenden Kraft, welche den Strahl von JA'' zurücktreibt, anzusehen. — Und hier ist JA'' zwar nicht die Axe des ganzen Krystalls, aber sie ist die Axe des an J anliegenden Theilchens, indem der rhomboëdrische Krystall nach Haüy[1] aus integrirenden Molecülen zusammengesetzt ist, deren Gestalt genau die *oben* (Nr. 2.) beschriebene ist.

7. Dieser Hypothese, daſs eine von JA'' ausgehende Kraft, die Richtung des ungewöhnlich gebrochenen Strahles bestimme, entsprechen nun auch die übrigen Erscheinungen, welche dieser Kalkspath, wenn man den Krystall zerschneidet, *darbietet*.

a. Wird der Krystall so geschnitten, daſs die Ebene des Schnittes senkrecht auf die Axe des Krystalles ist, so wird

---

1 Haüy Handb. der Physik, übers. v. Weiſs. I. 122.

ein mit der Axe parallel einfallender Strahl gar nicht gebrochen und nicht gespalten, indem er in den Krystall eintritt, ein schief einfallender Strahl dagegen wird allerdings in zwei Strahlen zerlegt, aber beide Strahlen bleiben mit dem einfallenden Strahle und dem Einfallsloth, da dieses der Axe parallel ist, in *einer* Ebene. Der Strahl nämlich, der senkrecht auf die Einfallsebene und folglich hier parallel mit der Axe eintritt, kann eben so wenig von der nach allen Seiten gleichen Wirkung der Axe als von der gewöhnlichen Attraction des Körpers aus seiner Richtung abgelenkt werden, und jene erstere Kraft kann auch seine Geschwindigkeit nicht ändern; daher geht er, es mag bei seinem Austreten aus dem Krystall sich ihm eine auf die Axe senkrechte oder gegen sie geneigte Ebene darbieten, ganz nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen fort. Trifft er nämlich hier wieder eine Ebene, welche der Brechungsebene beim Eintritte parallel ist, so geht der Strahl auch hier ungebrochen fort; trifft er eine gegen seine Richtung geneigte Ebene, so wird er zwar gebrochen und man bemerkt die gewöhnliche Farbenzerstreuung; aber eine Trennung zweier Strahlen vermöge der gewöhnlichen und der ungewöhnlichen Brechung findet nicht statt.

Dagegen wenn der Strahl gegen eben jene Brechungs-Ebene geneigt einfällt, so wird er in zwei Strahlen gespalten, und der ungewöhnlich gebrochene Strahl wird minder als der gewöhnlich gebrochene gegen das Perpendikel zu abgelenkt; die Lage beider gebrochenen Strahlen aber bleibt gegen den einfallenden Strahl einerlei bei gleichem Einfallswinkel, es mag der einfallende Strahl, von welcher Seite man will, gegen die Axe geneigt seyn.

Diese Erscheinungen geben ein Mittel, um die wahre Lage der Axe, von welcher die doppelte Strahlenbrechung abhängt, zu erkennen, indem nur bei der Einfallsebene, welche senkrecht auf diese Axe ist, sich die eben genannten Erscheinungen darbieten.

b, Wird der Krystall so geschnitten, daſs die Ebene des Schnittes, die ich wieder als Brechungsebene beim Eintritte des Strahls betrachten werde, mit der Axe parallel ist, so kann man für die Lage des einfallenden Strahles

zwei Hauptfälle unterscheiden; erstlich wenn die durch den einfallenden Strahl und das Einfallsloth gelegte Ebene senkrecht auf die Axe, zweitens, wenn sie damit parallel oder zusammenfallend ist. Im ersten Falle bleiben der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene Strahl in derselben auf die Axe senkrechten Ebene, und man findet bei verschiedenen Einfallswinkeln sowohl für den ungewöhnlichen als für den gewöhnlichen Strahl die Sinus der Brechungswinkel in constantem Verhältnisse zu den Sinus der Einfallswinkel, wenn gleich die constante Zahl, die dieses Verhältnifs bestimmt, bei beiden verschieden ist und für den ungewöhnlich gebrochenen Strahl gröfser = 0,674, statt dafs sie bei dem gewöhnlich gebrochenen nur = 0,604 gefunden wird. Der ungewöhnlich gebrochene Strahl weicht weniger als der gewöhnlich gebrochene Strahl von der Richtung des einfallenden Strahles ab, weil[1] die Repulsivkraft der Axe zwar kein Bestreben hat, den Strahl aus der Einfallsebene zu entfernen, aber sich der Vermehrung der Geschwindigkeit bei ihrem Eindringen in den Krystall widersetzt.

Im zweiten Falle, wo die Einfallsebene mit der Axe zusammenfällt, ist der Brechungswinkel für den ungewöhnlichen Strahl kleiner als für den gewöhnlich gebrochenen, weil jener, indem er von der Axe, die hier die Lage A A′ hat, abgestofsen wird, nach I E, dem Perpendikel näher gebracht wird, als I O, der gewöhnliche Strahl. Fig. 271.

8. Schon Huygens[2] hat eine Construction angegeben, welche dienen kann, in jedem Falle die Richtung des ungewöhnlich gebrochenen Strahls zu bestimmen, und obgleich die zweierlei Undulationen, aus welchen er sie herleitet, schwerlich in der Natur vorhanden sind, so stimmt doch diese Construction genau mit den Erscheinungen überein. Um diese Construction für den ungewöhnlichen Strahl leichter aufzufassen, ist es gut, die Gesetze der gewöhnlichen Brechung durch eine analoge Construction dargestellt zu sehen. Es stelle also M M′ die Einfallsebene bei

1 Wie Biot es ausdrückt. Tr. d. Phys. III. 335.

2 Traité de la lumière. Chap. V.

irgend einem Körper dar, LJ sey der einfallende Strahl, JR die Projection desselben; um den Mittelpunct J beschreibe man mit dem Halbmesser = 1 eine Kugelfläche, nehme nun JK = n. Sec. LJR, auf der verlängerten RJ wenn n das Brechungsverhältniſs ausdrückt, ziehe TT' auf JK durch K senkrecht und lege durch TT' eine die Kugel berührende Ebene; dann ist der Berührungspunct dieser Ebene an der Kugel allemal der Punct, wohin der Strahl nach der gewöhnlichen Brechung gelangt. Der Grund davon erhellet leicht, da es nur eine allgemeinere Darstellung dessen ist, was im Kreise sogleich erkannt wird, wo Cos. SJO = n. Cos. LJR und JK = JO. n Sec. LJR ist. Aber eine ganz analoge Construction lehrt uns auch die Richtung des ungewöhnlichen Strahles kennen, wenn wir um den Mittelpunct J ein Sphäroid construiren, dessen Polaraxe mit AA', der durch J gezognen Axe der doppelten Brechung, zusammenfällt und = 1 ist; und dessen Aequatorealhalbmesser zum Polarhalbmesser wie $\frac{m}{n}$: 1 ist, wenn m das Brechungsverhältniſs für den ungewöhnlich gebrochenen, n für den gewöhnlich gebrochenen Strahl ist. Nehmen wir nämlich nun in der Brechungsebene MM', die Axe AA' mag in ihr liegen oder nicht, auf der verlängerten Projection RJ des einfallenden Strahls LJ, die Entfernung JK = n. Sec. LJR, ziehen TT' in der Brechungsebene auf JK senkrecht und legen durch TT' eine das Sphäroid berührende Ebene, so ist der Berührungspunct allemal derjenige, gegen welchen der ungewöhnlich gebrochene Strahl zu geht. Wollte man auch den gewöhnlich gebrochenen Strahl finden, so müſste man zugleich eine Kugel vom Halbmesser = 1 um den Mittelpunct J beschreiben, und durch TT' auch an sie eine berührende Ebene legen, wo dann der Berührungspunct der ist, gegen welchen der gewöhnlich gebrochene Strahl zugeht.

Fig. 272. Fig. 273. Fig. 272.

Diese von Huygens Scharfsinn zeugende Construction ist durch alle neueren Beobachtungen, vorzüglich von Wollaston und Malus [1] vollkommen bestätigt worden, und man

1 G. XXXI. 259.

kann die schon angegebenen Erscheinungen in einzelnen Fällen leicht als dieser Construction entsprechend nachweisen[1].

Eben diese Construction findet auch bei andern Körpern Anwendung, welche doppelte Brechung zeigen, nur ist bei allen das Verhältnifs der beiden Durchmesser des Sphäroids verschieden, und es mufs allemal der Durchmesser des gröfsesten auf die Axe senkrechten Kreises sich zu der Axe selbst verhalten, wie die Zahl, welche das Brechungsverhältnifs für den ungewöhnlichen Strahl ausdrückt, zu der, welche das Brechungsverhältnifs für den gewöhnlichen Strahl angiebt.

9. Ich habe bei der Theorie der gewöhnlichen Brechung gezeigt, dafs sich die Erscheinungen derselben aus den anziehenden Kräften herleiten lassen, und insbesondre auch, wie das Princip der kleinsten Wirkung diene, um die Hauptgesetze der gewöhnlichen Brechung zu finden; es wird daher hier wohl an seiner Stelle seyn, zu zeigen, wie Laplace aus eben dem Gesetze der kleinsten Wirkung die Erscheinungen der doppelten Brechung ableitet[2].

Nach den Gesetzen der nur bis auf sehr geringe Entfernung merklichen Anziehung mufs, sobald alle Theilchen eine gleiche Anziehungskraft besitzen, die Geschwindigkeit des Strahles im Innern des Körpers, in welchen er übergeht, eine constante seyn, gleich grofs, für jeden Einfallswinkel, befindet sich dagegen in dem Körper eine Axe, die eine besondre Einwirkung ausübt, und zwar so, dafs die Brechung an allen Seiten dieser Axe auf gleiche Weise von der gewöhnlichen Brechung abweicht, so kann man keinen einfachern Ausdruck für das Quadrat der Geschwindigkeit des Lichts im Inneren des Körpers als $v^2 = a^2 + b^2 . \mathrm{Cos.}^2 V$ annehmen, wenn V der Winkel des ungewöhnlich gebrochenen Strahles mit dieser Axe ist. — Dieser Ausdruck ist der einfachste unter denen, wo an allen Seiten der Axe einerlei Wirkung hervorgeht und wo eben deshalb nur gerade Potenzen des Sinus oder Cosinus vorkommen dürfen, und er verdient da-

1 Da man diese Nachweisung bei Biot findet, dem ich hier gröfstentheils gefolgt bin, Traité III. 345. so übergehe ich sie, um lieber die folgende analystische Entwickelung mitzutheilen. (Nr. 9.)

2 Mémoires de l'Institut. de France. X. p. 300.

her nächst dem in Art. *Brechung*, Nr. 22, betrachteten Falle zunächst untersucht zu werden, wenn man den Weg des Lichtstrahles, der dem Gesetze der kleinsten Wirkung gemäfs ist, untersuchen will.

Das Gesetz der kleinsten Wirkung fordert eigentlich, wenn v die Geschwindigkeit, ds das Element des *Weges ist*, dafs $\int v\,ds$, ausgedehnt auf den ganzen Weg des Lichtstrahls ein Minimum sey, aber auch hier besteht dieser Weg aus zwei geraden Stücken, deren jedes mit unveränderlicher Geschwindigkeit durchlaufen wird, so dafs wenn v die Geschwindigkeit im leeren Raume, v' die Geschwindigkeit innerhalb des Körpers, S der im leeren Raume, s' der innerhalb des Körpers durchlaufene Weg ist, $v.s + v'.s' =$ einem Kleinsten werden mufs.

Es sey A der Punct im leeren Raume, von wo der Lichtstrahl nach C innerhalb des Körpers so gelangen soll, dafs $v.s + v'.s'$ ein Kleinstes werde, und $AB = p$ der senkrechte Abstand von der Brechungs-Ebne, Θ der Einfallswinkel, als $AD = p.\mathrm{Sec.}\,\Theta$, $DB = p.\mathrm{Tang.}\,\Theta$; eben die Bedeutung soll in Beziehung auf C die Gröfse p', Θ', $p'.\mathrm{Sec.}\,\Theta'$, $p'.\mathrm{Tang.}\,\Theta'$ haben, wo dann Θ' der Brechungswinkel ist. Fig. 274.

Es ist also hier

$v.p.\mathrm{Sec.}\,\Theta + v'.p'.\mathrm{Sec.}\,\Theta'$ ein Kleinstes, und v' eine Function der Lage des Strahls gegen die Axe der doppelten Brechung. Um dieses auszudrücken, beziehen wir die Lage des Strahls auf eine in der Brechungs-Ebene gezogne Linie DE, und setzen $BDE = \eta$, und den entsprechenden Winkel für den gebrochenen Strahl $= \eta'$. Es erhellt leicht, dafs dann $p.\mathrm{Tang.}\,\Theta.\,\mathrm{Sin.}\,\eta + p'\,\mathrm{Tang.}\,\Theta'.\,\mathrm{Sin.}\,\eta'$ und $p.\mathrm{Tang.}\,\Theta.\,\mathrm{Cos.}\,\eta + p'.\mathrm{Tang.}\,\Theta'.\,\mathrm{Cos.}\,\eta'$ die Abstände zweier Paare von Ebenen von einander sind, dafs die erstere Formel nämlich den Abstand zweier durch A und C senkrecht auf die Brechungs-Ebene gelegter und mit DE paralleler Ebenen, die zweite den Abstand zweier, gleichfalls auf die Brechungs-Ebene senkrechter, aber auf DE senkrechter, durch A und C gelegter Ebenen darstellt. Da nun A und C ihrer Lage ungeändert behalten sollen, wenn gleich der Einfallspunct D ein anderer wird, so müssen die Differentiale beider Formeln verschwinden, wenn man Θ und η veränderlich

setzt, und dieses dient, zwei der Differentiale $d\Theta$, $d\eta$, $d\Theta'$, $d\eta'$, durch die beiden andern auszudrücken. Es ist nämlich

$$0 = \frac{p \,.\, d\Theta \,.\, \mathrm{Sin.}\,\eta}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta} + \frac{p' \,.\, d\Theta' \,.\, \mathrm{Sin.}\,\eta'}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta'}$$

$$+ p \,.\, d\eta \,.\, \mathrm{Tang.}\,\Theta \,.\, \mathrm{Cos.}\,\eta + p' \,.\, d\eta' \,.\, \mathrm{Tang.}\,\Theta' \,.\, \mathrm{Cos.}\,\eta.$$

und

$$0 = \frac{p \,.\, d\Theta \,.\, \mathrm{Cos.}\,\eta}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta} + \frac{p' \,.\, d\Theta' \,.\, \mathrm{Cos.}\,\eta'}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta'}$$

$$- p \,.\, d\eta \,.\, \mathrm{Tang.}\,\Theta \,.\, \mathrm{Sin.}\,\eta - p' \,.\, d\eta' \,.\, \mathrm{Tang.}\,\Theta' \,.\, \mathrm{Sin.}\,\eta'.$$

Aus diesen beiden Gleichungen folgt:

$$\frac{p \,.\, d\Theta}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta} = - \frac{p' \,.\, d\Theta'}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta'} \,.\, \mathrm{Cos.}\,(\eta' - \eta)$$

$$+ p' \,.\, d\eta' \,.\, \mathrm{Tang.}\,\Theta' \,.\, \mathrm{Sin.}\,(\eta' - \eta);$$

und eben so liefse sich $d\eta$ ausdrücken, wenn es nöthig wäre.

Nach dem Gesetze der kleinsten Wirkung soll nun

$$d \,.\, (v\,p \,.\, \mathrm{Sec.}\,\Theta + v'\,p' \,.\, \mathrm{Sec.}\,\Theta') = 0$$

also

$$\frac{v.\,p.\,d\Theta \,.\, \mathrm{Sin.}\,\Theta}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta} + \frac{v'\,p' \,.\, d\Theta' \,.\, \mathrm{Sin.}\,\Theta'}{\mathrm{Cos.}^2\,\Theta'}$$

$$+ \left\{ \left(\frac{d\,v'}{d\,\Theta'}\right) d\,\Theta' + \left(\frac{d\,v'}{d\,\eta'}\right) d\,\eta' \right\} p' \,.\, \mathrm{Sec.}\,\Theta' = 0$$

seyn, denn v ist unveränderlich, v' aber hängt von der Lage des Strahls gegen eine bestimmte Axe ab. Verbindet man die beiden letzten Gleichungen, um $d\Theta$ fortzuschaffen, und setzt dann die Coefficienten von $d\Theta'$ und $d\eta'$ jede für sich $= 0$, so ist

$$\left(\frac{d\,v'}{d\,\eta'}\right) = - v \,.\, \mathrm{Sin.}\,\Theta \,.\, \mathrm{Sin.}\,\Theta' \,.\, \mathrm{Sin.}\,(\eta' - \eta).$$

und

$$v' \,.\, \mathrm{Sin.}\,\Theta' + \left(\frac{d\,v'}{d\,\Theta'}\right) \mathrm{Cos.}\,\Theta' = v \,.\, \mathrm{Sin.}\,\Theta \,.\, \mathrm{Cos.}\,(\eta' - \eta).$$

Diese Formeln, die sich auf eine ganz willkürliche Axe DE beziehen, müssen nun auf die Axe doppelter Brechung bezogen werden. Diese sey DU und ihre Projection auf die Brechung-Ebene DV; es sey

Fig. 274. und 275.

$$CDU = V, \quad UDV = 90^\circ - \lambda \quad EDV = u$$

so wäre ja $AB = 90° - \Theta$, $UV = 90° - \lambda$, $VB = \mu + \eta$,

$$\text{also } \mathrm{Cos.}\ UB = \mathrm{Sin.}\ \lambda \,.\, \mathrm{Cos.}\ (\mu + \eta),$$

$$\mathrm{Sin.}\ UB \,.\, \mathrm{Sin.}\ VBU = \mathrm{Sin.}\ VU = \mathrm{Cos.}\ \varepsilon'$$

also $\mathrm{Cos.}\ AU = \mathrm{Cos.}\ AB.\ \mathrm{Cos.}\ BU + \mathrm{Sin.}\ AB.\ \mathrm{Sin.}\ BU\ \mathrm{Cos.}(ABU)$

$$= \mathrm{Sin.}\ \Theta \,.\, \mathrm{Sin.}\ \lambda\ \mathrm{Cos.}\ (\mu + \eta) - \mathrm{Cos.}\ \Theta \,.\, \mathrm{Cos.}\ \lambda,$$

weil $\mathrm{Cos.}\ ABU = \mathrm{Cos.}\ (90° + VBU) = -\mathrm{Sin.}\ VBU$ ist. Ganz eben so fände sich für den gebrochenen Strahl Cos. V. Aber da die willkührliche Linie DE am besten so angenommen wird, daſs sie mit DV zusammenfällt oder selbst die Projection der Axe doppelter Brechung ist, so setze ich $\mu = 0$, also $\mathrm{Cos.}\ V = -\mathrm{Sin.}\ \Theta' .\ \mathrm{Sin.}\ \lambda .\ \mathrm{Cos.}\ \eta' + \mathrm{Cos.}\ \Theta' .\ \mathrm{Cos.}\ \lambda$, wo dann V der Winkel ist, den der gebrochene Strahl mit der Axe doppelter Brechung macht. Wir können nun

$$\text{da } \left(\frac{d.\ \mathrm{Cos.}\ V.}{d\,\Theta'}\right) = -\mathrm{Cos.}\ \Theta'\ \mathrm{Sin.}\ \lambda .\ \mathrm{Cos.}\ \eta' - \mathrm{Sin.}\ \Theta' .\ \mathrm{Cos.}\ \lambda,$$

$$\text{und } \left(\frac{d\,.\ \mathrm{Cos.}\ V}{d\eta'}\right) = \mathrm{Sin.}\ \Theta' .\ \mathrm{Sin.}\ \lambda .\ \mathrm{Sin.}\ \eta'.$$

auch statt der vorigen Ausdrücke für die partielle Differentiale von v' erhalten:

$$-v\,.\,\mathrm{Sin.}\ \Theta\,.\,\mathrm{Sin.}\ (\eta' - \eta) = \left(\frac{d v'}{d\,.\,\mathrm{Cos.}\ V}\right).\ \mathrm{Sin.}\ \lambda .\ \mathrm{Sin.}\ \eta'$$

und

$$v' .\ \mathrm{Sin.}\ \Theta' - \mathrm{Cos.}\ \Theta' .\left(\frac{d v'}{d\,.\,\mathrm{Cos.}\ V}\right)(\mathrm{Cos.}\ \Theta' .\ \mathrm{Sin.}\ \lambda\ \mathrm{Cos.}\ \eta'$$

$$+ \mathrm{Sin.}\ \Theta'\ \mathrm{Cos.}\ \lambda) = v\,.\,\mathrm{Sin.}\ \Theta\,.\,\mathrm{Cos.}\ (\eta' - \eta).$$

Multiplicirt man hier die letzte Gleichung mit Sin. η', die erste mit Cos. η', so giebt ihre Summe:

$$v.\ \mathrm{Sin.}\ \Theta.\ \mathrm{Sin.}\ \eta = \mathrm{Sin.}\ \Theta' .\ \mathrm{Sin.}\ \eta' \left\{ v' - \mathrm{Cos.}\ V.\left(\frac{d v'}{d.\ \mathrm{Cos.}\ V}\right)\right\}$$

und wenn man umgekehrt die erste mit Sin. η', die letzte mit Cos. η' multiplicirt, so giebt die Differenz

$$v\,.\,\mathrm{Sin.}\ \Theta.\ \mathrm{Cos.}\ \eta = \mathrm{Sin.}\ \Theta' .\ \mathrm{Cos.}\ \eta' \left\{ v' - \left(\frac{d v'}{d.\mathrm{Cos.}V.}\right)\mathrm{Cos.}\ V \right\}$$

$$- \left(\frac{d v'}{d\,.\,\mathrm{Cos.}\ V}\right)\mathrm{Sin.}\ \lambda,$$

Diese Formeln sind noch ganz allgemein, es mag v' wie man will von Cos. V abhängen; setzen wir aber nun

$$v'^2 = v^2 (a^2 + b^2 \text{ Cos.}^2 V);$$

$$\left(\frac{d v'}{d . \text{Cos. } V}\right) = \frac{v^2 b^2 \text{ Cos. } V}{v'};$$

so geben die beiden letzten Ausdrücke

$$\text{Sin. } \Theta . \text{Sin. } \eta = \frac{v a^2 \text{ Sin. } \Theta' . \text{Sin. } \eta'}{v'}; \ldots\ldots (I)$$

und

$$\text{Sin. } \Theta . \text{Cos. } \eta = \frac{v}{v'} \left\{ a^2 \text{Sin. } \Theta' . \text{Cos. } \eta' - b^2 \text{Cos. } V . \text{Sin. } \lambda \right\}; \ldots (II)$$

Diese Gleichungen müssen so verbunden werden, dafs man v' und V ganz wegschafft, und dann Θ' und η' durch gegebene Gröfsen bestimmt. Die folgenden von Laplace angegebenen Umformungen sind dazu deswegen am vortheilhaftesten, weil sich die ungeraden Potenzen von Cos. V. sogleich aufheben.

Die Summe der Quadrate beider Gleichungen (I) und (II) giebt:

$$\left(\text{Sin. } \Theta . \text{Cos. } \eta + \frac{v b^2}{v'} \text{Sin. } \lambda . \text{Cos. } V\right)^2 + \text{Sin.}^2 \Theta . \text{Sin.}^2 \eta$$

$$= \frac{v^2 a^4}{v'^2} \text{Sin.}^2 \Theta'.; \ldots (III)$$

und wenn man (II) mit Sin. λ multiplicirt, und bemerkt, dafs

$$\text{Sin. } \lambda . \text{Sin. } \Theta' . \text{Cos. } \eta' = \text{Cos. } \lambda . \text{Cos. } \Theta' - \text{Cos. } V$$

ist, so hat man auch

$$\left(\text{Sin. } \lambda . \text{Sin. } \Theta . \text{Cos. } \eta + \frac{v(a^2 + b^2 . \text{Sin.}^2 \lambda)}{v'} \text{Cos. } V\right)^2$$

$$= \frac{v^2 a^4}{v'^2} \text{Cos.}^2 \lambda . \text{Cos.}^2 \Theta'; \ldots (IV)$$

Subtrahirt man nun die Gleichung (IV) mit b^2 multiplicirt, von der Gleichung (III) mit $(a^2 + b^2 . \text{Sin.}^2 \lambda)$ multiplicirt, so erhält man

$$v' = \frac{v a^2 \text{ Cos. } \Theta' . \sqrt{(a^2 + b^2)}}{\sqrt{\left\{ a^2(a^2 + b^2 \text{Sin.}^2 \lambda) - \text{Sin.}^2 \Theta (a^2 + b^2 \text{Sin.}^2 \lambda . \text{Sin.}^2 \eta) \right\}}}$$

und daraus erhält man leicht vermittelst der Gleichung (I)

$$\text{Tang. } \Theta' . \text{ Sin. } \eta'$$
$$= \frac{\sqrt{(a^2+b^2)} \text{ Sin.} \eta . \text{Sin.} \Theta}{\sqrt{\{a^2(a^2+b^2 \text{ Sin.}^2 \lambda) - \text{Sin.}^2 \Theta (a^2+b^2 \text{Sin.}^2 \lambda \text{ Sin.}^2 \eta)\}}}$$

und da (II) sich in

$$\text{Sin. } \Theta . \text{Cos.} \eta = v \frac{(a^2 + b^2 \text{ Sin.}^2 \lambda) \text{ Sin. } \Theta' . \text{ Cos. } \eta'}{v'}$$
$$- \frac{v}{v'} b^2 \text{ Sin. } \lambda . \text{ Cos. } \lambda . \text{ Cos. } \Theta',$$

verwandeln läſst, so giebt sie

$$\text{Tang. } \Theta' . \text{Cos. } \eta' = \frac{b^2 \text{ Sin. } \lambda . \text{Cos. } \lambda}{a^2 + b^2 \text{ Sin.}^2 \lambda} + \frac{a^2}{(a^2 + b^2 . \text{ Sin. } \lambda)}$$
$$+ \frac{\sqrt{(a^2+b^2)} \text{Sin. } \Theta . \text{ Cos.} \eta}{\sqrt{\{a^2(a^2+b^2 \text{ Sin.}^2 \lambda) - \text{Sin.}^2 \Theta (a^2+b^2 \text{ Sin.}^2 \lambda \text{ Sin.}^2 \eta)\}}}$$

10. Wir wollen diese beiden Hauptgleichungen nun auf einige besondre Fälle anwenden, und sie mit den in Nr. 7 gefundenen Resultaten vergleichen.

a. Es sey $\lambda = 0$, oder die Brechungs-Ebene senkrecht auf die Axe des Krystalls, so ist, wenn man aus den beiden letzten Formeln Tang. η' sucht, Tang. η' = Tang. η, oder $\eta' = \eta$. Also der gebrochene Strahl liegt mit dem einfallenden Strahle und dem Einfallslothe in derselben Ebene.

Zugleich ist $\text{Tang. } \Theta' = \frac{\sqrt{(a^2+b^2)} \text{ Sin. } \Theta}{a\sqrt{(a^2 - \text{Sin.}^2 \Theta)}}$

$$\text{oder Sin. } \Theta' = \frac{\sqrt{(a^2 + b^2)} \text{ Sin. } \Theta}{\sqrt{(a^4 + b^2 \text{ Sin.}^2 \Theta)}}.$$

b. Liegt die Axe in der Brechungs-Ebene selbst, so ist $\lambda = 90°$, und man findet Tang. $\eta' = (a^2 + b^2)$ Tang. η. und

$$\text{Tang } \Theta' = \frac{\text{Sin. } \Theta . \sqrt{\{(a^2+b^2)^2 \text{ Sin.}^2 \eta + a^4 \text{ Cos.}^2 \eta\}}}{\sqrt{(a^2+b^2)} . \sqrt{\{a^2(a^2+b^2) - \text{Sin.}^2 \Theta (a^2+b^2 \text{Sin.}^2 \eta)\}}}$$

Die zwei Hauptfälle, wo $\eta = 90°$ und wo $\eta = 0$ sind, geben:

Wenn $\eta = 90°$, auch $\eta' = 90°$, und Sin. Θ' $= \frac{1}{a}$ Sin. Θ, also ist hier der Sinus des Brechungswin-

kels dem Sinus des Einfallswinkels proportional. Nach den in Nr. 7, b angeführten Versuchen ist $\frac{1}{a} = 0,674$.

Der zweite Fall giebt $\eta = 0, \eta' = 0$;

$$\text{Tang. } \Theta' = \frac{a \,.\, \text{Sin. } \Theta}{\sqrt{(a^2 + b^2)} \,.\, \sqrt{(a^2 + b^2 - \text{Sin.}^2 \,\Theta)}}$$

$$\text{und Sin. } \Theta' = \frac{a \text{ Sin. } \Theta}{\sqrt{\{(a^2 + b^2)^2 - b^2 \text{ Sin.}^2 \,\Theta\}}}.$$

In diesen drei Fällen liegen der einfallende und gebrochene Strahl mit dem Einfallsloth in derselben Ebene.

c. Wenn die Brechungs-Ebene eine der natürlichen Oberflächen des Krystalls ist, also $\lambda = 44^\circ\ 36'\ 35''$ (Nr. 2), so ist für $\Theta = 0$ oder für den senkrecht einfallenden Strahl, $\eta' = 0$, und

$$\text{Tang. } \Theta' = \frac{b^2 \,.\, \text{Sin. } \lambda \,.\, \text{Cos. } \lambda}{a^2 + b^2 \text{ Sin.}^2 \,\lambda},$$

welches vermöge der nachher folgenden Werthe von a^2 und b^2 giebt $\Theta' = 6^\circ 16'$, was auch mit den Beobachtungen übereinstimmt.

d. Wenn eine ganz willkührliche Oberfläche des Krystalls die Brechungsfläche darbietet, so giebt es eine bestimmte Lage des einfallenden Strahles, wobei der gebrochene Strahl mit der Axe des Krystalls zusammenfällt, oder $V = 0$ und $\Theta' = -\lambda$ wird. Wenn das geschieht wird $\text{Sin. } \Theta = \sqrt{(a^2 + b^2)} \text{ Sin. } \lambda$

$$\text{oder Sin. } \Theta' = \frac{1}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} \text{ Sin. } \Theta.$$

Da in diesem Falle der ungewöhnlich gebrochene Strahl mit dem gewöhnlich gebrochenen zusammenfällt, so ist $\frac{1}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} = 0,604$, und damit sind die beiden Gröfsen a, b bestimmt; (Vergl. Nr. 7, b.) nämlich $a^2 + b^2 = 2,741$; $a^2 = 2,199$; $b^2 = 0,542$.

Laplace zeigt, dafs diese Formeln das von Huygens angegebene Sphäroid darstellen.

Ueber die verschiedene Beschaffenheit der beiden gebrochenen Strahlen, nach ihrem Durchgange durch den Krystall.

11. Schon aus dem vorigen erhellet, daſs nicht alle Lichttheilchen nach den eben angegebenen Gesetzen fortgehen, sondern während einige Lichttheilchen den gewöhnlichen Gesetzen gemäſs so fortgehen, daſs der Brechungswinkel Θ'' für sie durch

$$\text{Sin.}\ \Theta'' = \frac{\text{Sin.}\ \Theta}{\sqrt{(a^2+b^2)}}$$ bestimmt wird oder die Geschwindigkeit $= \sqrt{(a^2+b^2)}.v$, ist, gehen die übrigen, dem ungewöhnlichen Gesetze gemäſs, so fort, daſs $v' = \sqrt{(a^2+b^2 - b^2\ \text{Sin.}^2\ V)}$ ist, oder der Brechungswinkel Θ' für sie den in Nr. 9 bestimmten Werth hat.

Man fragt daher wohl mit Recht, welche Verschiedenheit denn unter den Lichtheilchen, welche dem einen Gesetze und denen, welche dem andern Gesetze folgen, statt finden möge.

Schon Huygens lernte durch seine Versuche eine solche Verschiedenheit kennen, Newton faſste sie auf eine sehr richtige Weise auf, aber erst in neuern Zeiten haben andre Versuche die ganze Wichtigkeit dieser Verschiedenheit ganz vorzüglich dargethan. Der Versuch, der zuerst diese Verschiedenheit zeigte, ist ungefähr folgender:

Läſst man einen Lichtstrahl senkrecht auf die natürliche Oberfläche des Kalkspaths fallen, und durch eine, der ersten Brechungs-Ebene parallele Ebene wieder ausfallen, so hat er sich in zwei Strahlenbüschel getrennt, deren einer ungebrochen durchgegangen ist, der andre aber einen Winkel von 6° 16′ mit jenem bildet. Der erstere ist der gewöhnlich gebrochene, der andre ungewöhnlich gebrochene. Stellt man nun einen zweiten Krystall so, daſs die Axen beider parallel sind, und die entsprechenden Seitenflächen parallel, und läſst auf diesen jene beiden Strahlen auffallen, so wird der erste nach den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung, der andre nach den Gesetzen der ungewöhnlichen Brechung in dem zweiten Krystalle fortgehen, und keine neue Spaltung der Strahlen erfolgen. Verändert man da-

gegen des zweiten Krystalls Lage, so dafs noch immer die von dem Strahle getroffene Ebene parallel mit denen des ersten Krystalls bleibt, aber der Krystall nach und nach gedreht wird, so sieht man jeden der beiden Strahlenbüschel sich in zwei Büschel trennen, die anfangs von ungleicher Intensität sind, die einander gleich werden, wenn ein Achtel der Drehung vollendet ist, und wenn man die Drehung weiter fortsetzt, sich so verändern, dafs nach Vollendung eines Viertels der Drehung zwei von ihnen wieder ganz verschwunden sind, indem nun der ganze, als gewöhnlich gebrochener Strahl eintretende Strahl im zweiten Krystalle der ungewöhnlichen Brechung folgt, und der als ungewöhnlich gebrochener eintretende Strahl im zweiten Krystalle der gewöhnlichen Brechung folgt. Hiermit sind die bei parallel bleibenden Brechungs-Ebenen sich ergebenden Verschiedenheiten erschöpft; denn wenn man die Drehung weiter fortsetzt, so kommen die vorigen Erscheinungen wieder, hat man drei Achtel der Umdrehung vollendet, so hat man wieder vier gleich starke Strahlenbüschel, hat man eine halbe Umdrehung vollendet, so ist es wie zu Anfang, bei $\frac{5}{8}$ und $\frac{7}{8}$ der Drehung kommen die Erscheinungen wie bei $\frac{1}{8}$ wieder, bei $\frac{3}{4}$ wie bei $\frac{1}{4}$.

Um diese Verschiedenheiten mit einem Blicke zu übersehen, gebraucht Biot eine sehr passende Bezeichnung, indem er des aus dem ersten Krystalle hervordringenden, gewöhnlich gebrochenen, Strahles Intensität durch Fo, und des ungewöhnlich gebrochenen Strahles Intensität durch Fe bezeichnet, (o und e erinnern an die Worte ordinär und extraordinär). Versteht man dann ferner unter Foo den Theil des ersten, der auch im zweiten Krystalle der gewöhnlichen Brechung folgt, unter Foe den Theil des ersten der im zweiten Krystalle der ungewöhnlichen Brechung folgt, und ebenso unter Feo, Fee die beiden Theile des im ersten Krystalle ungewöhnlich gebrochenen Strahles, so ist allgemein

$$\begin{aligned} Foo &= Fo \,.\, \text{Cos.}^2\, i \\ Foe &= Fo \,.\, \text{Sin.}^2\, i \\ Feo &= Fe \,.\, \text{Sin.}^2\, i \\ Fee &= Fe \,.\, \text{Cos.}^2\, i \end{aligned}$$

wenn i den Winkel bedeutet, den die Ebene des Haupt-

schnittes des letztern Krystalls mit der Ebene des Hauptschnitts des ersteren macht, während die Brechungs-Ebenen unter sich parallel bleiben und der einfallende Strahl senkrecht gegen sie ist [1].

Aehnliche Erscheinungen ergeben sich auch bei Strahlen, die unter andern Winkeln einfallen.

Uebrigens ist es bei diesem Durchgange durch zwei doppelt brechende Krystalle gleichgültig, ob es gerade Kalkspathe oder andre Krystalle, welche die Eigenschaft der doppelten Brechung besitzen, sind; ja es können zwei verschiedenartige Krystalle seyn, und immer wird das, was von dem gewöhnlich gebrochenen und dem ungewöhnlich gebrochenen Strahle gesagt ist, eben so statt finden.

12. Es ist hier zwar nicht der Ort, näher anzugeben, welche andre mit diesen in Verbindung stehende Erscheinungen Veranlassung gegeben haben, die Modification, welche das Licht beim Durchgange durch doppelt brechende Krystalle erleidet, mit einem eigenen Namen zu belegen, und sie *Polarisirung des Lichtes* zu nennen; aber um die Erscheinungen, von denen hier die Rede ist, besser zu übersehen, wird es gleichwohl nöthig seyn, die Vorstellung, durch welche sie sich am leichtesten der sinnlichen Anschauung unterwerfen lassen, hier mitzutheilen.

So wenig wir auch von den Lichttheilchen wissen, so wollen wir sie uns hier doch als gleichgeformt und als Körper denken, die eine Axe haben. Die *Strahlen*, die von einem leuchtenden Körper zu uns gelangen, enthalten Lichttheilchen in allen möglichen Lagen, die nach der Richtung des Lichtstrahls fortgehen. Erleidet aber der Lichtstrahl die Brechung im doppelt brechenden Krystalle, so ordnen sich in dem gewöhnlich gebrochenen Strahle allemal die Axen der Lichttheilchen so, daſs sie sämmtlich in einer durch die Richtung dieses Strahls mit der Axe des Krystalls parallel gelegten Ebene liegen; dagegen ordnen sich in dem ungewöhnlich gebrochenen Strahle die Axen der Lichttheilchen so, daſs sie senkrecht sind auf eine durch die Richtung des ungewöhnlich gebrochenen Strahles parallel mit der Axe gelegte Ebene. Beide Strahlen sind also polarisirt, oder die Axen der Licht-

1 Traité IV. 264.

theilchen haben eine bestimmte Lage in Beziehung auf jene Ebene angenommen, aber eine Lage, die für den einen Strahl anders als für den andern ist.

Da hier also eine Kraft wirken muſs, welche die Lichttheilchen in diese Stellung bringt, so läſst sich nun leicht einsehen, warum der schon durch einen Krystall durchgelassene Strahl im zweiten Krystalle die vorhin erwähnten, nach der Lage des letztern ungleichen Erscheinungen darbietet.

Es sey nämlich zuerst die Ebene des Hauptschnittes im zweiten Krystall parallel der Ebene des Hauptschnittes im ersten. Trifft hier ein im ersten Krystall gewöhnlich gebrochener Strahl die Oberfläche des zweiten senkrecht, so haben alle Theilchen schon die Lage gegen die Axe des zweiten Krystalls, die sie bei der gewöhnlichen Brechung in diesem Krystall annehmen würde, und kein Theilchen folgt der ungewöhnlichen Brechung; und ebenso haben alle Theilchen des ungewöhnlich gebrochenen Strahles der aus dem ersten Krystalle zum zweiten gelangt, die Lage, die sie in Beziehung auf die Axe des zweiten Krystalls bei der ungewöhnlichen Brechung hier annehmen würden, und deshalb folgen alle Theilchen dieses Strahls hier der ungewöhnlichen Brechung. Sollten im letztern Falle einige Lichttheilchen in die Stellung gebracht werden, die bei der gewöhnlichen Brechung statt findet, so müſsten ihre Axen um einen ganzen Quadranten gedreht werden; diese Wirkung erfolgt aber nicht, weil die Kraft, welche die Axe richten sollte, hier mit der Richtung der Axe zusammenfällt.

Wir gehen zu einem zweiten Falle über, wo die Brechungs-Ebenen noch unter einander parallel sind, aber die Hauptschnitte beider Krystalle einen rechten Winkel mit einander machen. Hier treten die Theilchen des im ersten Krystalle gewöhnlich gebrochenen Strahles so ein, daſs ihre Axen sich sämmtlich in der Lage befinden, welche dem ungewöhnlich gebrochenen Strahle im zweiten Krystalle angemessen ist, und folgen alle der ungewöhnlichen Brechung; die Theilchen des ungewöhnlich gebrochen aus dem ersten Krystalle hervorgehenden Strahls haben dagegen sämmtlich die Lage,

welche der gewöhnlichen Brechung im zweiten Krystall zugehört, und erleiden daher alle die gewöhnliche Brechung.

Machen endlich die Ebenen der Hauptschnitte einen Winkel mit einander, und trifft der gewöhnlich gebrochene Strahl den zweiten Krystall, so sind die Axen seiner Theilchen schief geneigt gegen die beiden Richtungen, die sie hier theils bei der gewöhnlichen Brechung theils bei der ungewöhnlichen annehmen sollten, und die Kräfte, die ihnen diese Richtungen zu ertheilen streben, wirken daher auf sie ein. Ist der Winkel, den die Ebenen beider Hauptschnitte mit einander bilden, klein, so hat die Kraft, welche die Axen der Theilchen in eine mit der Axe des zweiten Krystalls parallel durch die Richtung des Strahles gelegte Ebene zu bringen strebt, eine grofse Gewalt und die meisten Theilchen folgen ihr, oder folgen der gewöhnlichen Brechung; der gewöhnlich gebrochene Theil des Strahles hat also noch immer eine sehr bedeutende Intensität, statt dafs der ungewöhnlich gebrochene Theil des Strahles nur schwach erscheint, weil die Kraft, welche die Theilchen in die ihm entsprechende Lage bringen sollte, nur erst wenig von der Lage der Axe verschieden ist. Dieselbe Betrachtung findet für die beiden aus dem ungewöhnlich gebrochenen Strahle hervorgehenden Strahlen statt, und läfst sich nun auf alle Neigungswinkel der Hauptschnitte gegen einander leicht anwenden. Das Einzige, was bei dieser Vorstellungsart noch zweifelhaft erscheint, ist die Frage: warum denn einige Theilchen der einen, andere der andern Einwirkung folgen, da doch allen Axen genau einerlei Richtung zugeschrieben wurde? — Dieser Zweifel mag hier nur durch eine zweite Hypothese, dafs nämlich jene Richtung aller Axen nur die mittlere Richtung sey, von der die einzelnen Axen ein wenig nach allen Richtungen abweichen, beseitiget werden. Die Untersuchungen, welche in dem Art. *Polarisirung* des Lichts vorkommen, werden zeigen, dafs hier eben solche Anwandlungen entgegengesetzter Zustände sich zeigen, wie wir sie in dem Art. *Anwandlungen* betrachtet haben, und dafs also etwas, das dieser zweiten Hypothese ungefähr gemäfs ist, allerdings statt findet.

Ueber die Bestimmung der Lage der Axe und über die Entscheidung der Frage, ob Körper eine oder mehrere Axen doppelter Brechung haben.

13. Wenn die doppelte Brechung eines jeden Krystalls nur von *einer* Axe doppelter Brechung abhinge, wie es beim Doppelspath der Fall zu seyn scheint: so ließe sich diese Axe nach der von Biot angegebenen Methode finden[1]. Da es nämlich für diese Krystalle nur zwei Lagen giebt, in welchen ein polarisirter Lichtstrahl seine ursprüngliche Polarisirung behält, nämlich 1. wenn die Ebene des Hauptschnittes mit der Ebene, worin die Richtung des Strahls und die Axe jedes Lichttheilchens liegt, zusammenfällt, und 2. wenn diese Ebenen auf einander senkrecht sind: so braucht man nur in einem Körper, der doppelte Brechung zeigt, die beiden Schnitte aufzusuchen, wobei die Fortdauer der ursprünglichen Polarisirung statt findet. Einer dieser Schnitte ist gewiß der Hauptschnitt, und wenn man den Krystall so schneidet, daß das eine Mal der eine, das andere Mal der andere jener Schnitte die Brechungs-Ebene darstellt, so läßt sich hier wieder die Richtungslinie finden, wo der gebrochene Strahl seine Polarisation behält, und eine dieser Richtungslinien ist die Axe. Um zu entscheiden, welche es ist, muß man aus dem Krystall aufs neue Stücke so schneiden, daß der durchgehende Strahl jener Richtungslinie parallel sey; denn wenn sie die Axe ist, so entstehen dann keine doppelten Bilder. Man schneidet diese Stücke am besten so, daß sie Prismen sind, deren eine Seitenfläche senkrecht auf die Axe ist, indem dann, wenn der Strahl innerhalb des Prisma's nach der Richtung der Axe fortgeht, also die eine Seitenfläche, die man dem Auge zuwendet, senkrecht trifft, keine Zerlegung in zwei Strahlenbüschel erfolgt, wie aus Nr. 7, a und Nr. 10, d erhellet. Um zu verhindern, daß nicht wegen der beim Eintritte in das Prisma erfolgenden Farbenzerstreuung einige Farbenstrahlen von der ge-

1 Biot Traité. IV. 319.

nauen Axe abweichend durchgehen, während andere genau mit ihr zusammenfallen; muſs man das Prisma achromatisiren, indem man ein Glasprisma an der schief gegen die Axe geschnittenen Seite anlegt, und dieses so nimmt, daſs die von ihm hervorgehenden und in das aus dem doppelt brechenden Körper geschnittene Prisma übergehenden Farbenstrahlen alle, vermöge der kleinen Ungleichheit des Einfallswinkels, genau der Richtung der Axe des Krystalles parallel gebrochen werden.

Hat man diese Axe doppelter Brechung gefunden, so kann man bei jedem verschiedenartigen Krystalle auch bestimmen, ob die von der Axe ausgehende Kraft eine anziehende oder eine abstoſsende ist. Man nimmt nämlich ein Prisma aus dem zu untersuchenden Krystalle so geschnitten, daſs die Kanten der Axe parallel sind, und untersucht nun, welches der beiden Bilder der Axe parallel polarisirt, und welches senkrecht gegen die Axe polarisirt ist, das erstere ist das aus dem gewöhnlich gebrochenen, das zweite das aus dem ungewöhnlich gebrochenen Strahle entstehende; ist jenes mehr abgelenkt, so ist die Kraft eine repulsive, ist dieses mehr abgelenkt so ist die Kraft eine attractive, wie aus Nr. 7, b. erster Fall, erhellet; oder wie Brewster noch vorsichtiger sagt, im einem Falle ist sie negativ, wenn man sie im andern positiv nennt. Wie man aber die Art der Polarisirung mit Hülfe eines Krystalls, dessen Axe und Einwirkung man kennt, finde, läſst sich aus Nr. 11. 12. übersehen, und der Art. *Polarisirung* wird noch andere Mittel angeben.

14. Diese Methode ist, nach Brewster's Meinung [1], darum nicht allgemein anwendbar, weil sie anscheinend genügende Resultate da giebt, wo der Krystall zwei Axen doppelter Brechung hat, und in diesem Falle gleichwohl die Lage der Axen nicht richtig hiedurch erkannt wird. Ich gehe daher zu einer andern Methode über, die Brewster für alle Fälle anwendbar hielt, und die auch Biot schon angewandt hat. Dabei muſs ich freilich Einiges, was erst in der Lehre von der Polarisirung des Lichts seine völlige Erklärung finden kann, unerklärt lassen; aber man wird

1 Philos. Transact. for 1818. p. 199.

dennoch die Verbindung der Phänomene mit unserm jetzigen Zwecke hinreichend übersehen. Wenn man[1] eine an der hintern Seite geschwärzte Glasscheibe MM' nimmt, und einen Lichtstrahl unter einem solchen Winkel auf sie fallen läfst, dafs er polarisirt zurückgeworfen werde, so kann man einem zweiten geschwärzten Glase VV' die Stellung geben, dafs es nichts von dem so empfangenen polarisirten Strahle zurückwirft, oder dafs ein in VV' hineinblickendes Auge O hier den Gegenstand M, obgleich er im Sehefelde bleibt, verschwinden sieht. Hat man diese Stellung erhalten, so stellt man eine Platte Kalkspath, die senkrecht auf die Axe geschnitten ist, etwa bei P auf, so dafs der von MM' nach VV' gehende Strahl durch sie gehen mufs, und sie senkrecht trifft. Sobald dies geschehen ist, sieht das Auge in O, in eben der Stellung, wo es vorhin keinen von MM' ausgehenden Lichtstrahl durch Reflexion empfing, auf dem Glase VV' eine Menge concentrischer, farbiger Ringe, die, wie die Fig. zeigt, durch ein schwarzes Kreuz in vier Quadranten getheilt sind, diese Farbenkreise sind, vorzüglich, wenn man das ganz weifse Licht glänzender Wolken auf MM' auffallen läfst, denjenigen Ringen vollkommen gleich, die zwischen Gläsern durch die Anwandlungen der leichtern Zurückwerfung entstehen[2], ihre Farben folgen sich ebenso, nur dafs das schwarze Kreuz, gegen welches zu sie schnell abnehmen, sie alle unterbricht.

Fig. 276.

Fig. 277.

Ohne hier auf die Erklärung dieses schönen Phänomens einzugehen[3], genügt es, zu bemerken, dafs die Axe doppelter Brechung des Kalkspaths P mit der Richtung des von MM' nach VV' gehenden Strahls zusammentreffen mufs, wenn jene Kreise sich zeigen sollen, und dafs also umgekehrt, das Entstehen dieser Kreise ein Zeichen ist, dafs die in P aufgestellte Krystallplatte, welche den Strahl senkrecht gegen beide Brechungsebenen empfängt, genau senkrecht auf die Axe doppelter Brechung geschnitten sey. Auf eine ganz

Fig. 276.

1 Biot Traité. IV. 482.

2 S. *Anwandlungen.*

3 Das von Seebek zuerst beschrieben ist. S. Schweigg. J. VII. 259 XII. 1.

ähnliche Weise hat Brewster für 23 verschiedene doppelt brechende Krystalle bestimmt, daſs sie nur *eine* Axe doppelter Brechung haben[1].

Nimmt man Kalkspathplatten von verschiedener Dicke, aber immer senkrecht auf die Axe doppelter Brechung geschnitten, um sie in P dem senkrecht auffallenden Strahle darzubieten, so sind die Ringe desto kleiner, je dicker die Platte ist; stellt man zwei gleichartige Platten hinter einander auf, so ist die Verminderung des Durchmessers der Ringe ebenso, als wenn man eine einzige Platte von der Dicke, welche der Summe beider gleich ist, genommen hätte. Auf ähnliche Weise vermindert sich der Durchmesser der Ringe, wenn man eine Platte von Beryll und eine von Kalkspath gehörig geschnitten, hinter einander aufstellt und dies ist ein Beweis, daſs der Beryll zu eben der Classe, wie der Kalkspath gehört, nämlich zu der repulsiven oder negativen Classe. Nimmt man dagegen eine Zirkonplatte, und stellt sie mit einer Kalkspathplatte zugleich auf, so erscheinen gröſsere Kreise, als durch den Kalkspath allein, und man schlieſst daraus mit Recht, daſs der Zirkon zur attractiven oder positiven Klasse von doppelt brechenden Krystallen gehört. Solcher Krystalle, die *eine* Axe haben, und zur *positiven* Klasse gehören, führt Brewster 5 an, dagegen 18, die zur *negativen* Klasse gehören.

15. Die Erscheinung der gefärbten Ringe zeigte uns, wenn diese kreisförmig sind, die Lage der *einen* Axe doppelter Brechung; aber wenn diese isochromatische Curven durch die Einwirkung von zwei verschiedenen Axen entstehen, so nehmen sie eine verwickeltere Form an.

Wenn man sich unter dem Kreise CODo den auf CD senkrechten Kreis einer aus dem Krystalle geschnittener Kugel denkt, so findet man zwei Durchmesser Pp, P′p′, in welchen es weder Polarisirung noch doppelte Brechung giebt, und diese kann man die Axen ohne doppelte Brechung und P, p, und P′, p′, die beiden Paare der Pole dieser Axen nennen. Jeder dieser Pole ist mit solchen Ringen umgeben, deren Farben bei P, P′ anfangen, sich

Fig. 278. Fig. 279.

1 Ph. Tr. 1818. p. 211.

bei O, C, D, A, B, verstärken und bei A, B ihr Maximum erreichen. Ist P P' ein sehr bedeutender Bogen, wie es bei Glimmer (mica) Topas u. a. der Fall ist, so kann man das System der Ringe nicht wohl auf einmal übersehen, aber in den Fällen, wo jene Axen einen kleinen Winkel mit einander machen, stellt sich das ganze System sehr sauber dar.

Fig. 280. Um es zu beobachten, nehme man eine 1 Lin. dicke Platte Salpeter, die senkrecht gegen die Axe des sechsseitigen prismatischen Krystalls geschnitten ist, setze diese so dem polarisirten Lichte aus, dafs entweder AB oder CD in der Polarisationsebene des Strahls liegen, und analysire das Licht durch Hülfe eines Kalkspathprisma's, dann wird das durch

Fig. 278. ungewöhnliche Brechung entstehende Bild ein System von Ringen, wie Fig. 278 darstellen, und wenn man dagegen das durch gewöhnliche Brechung entstehende Bild nimmt, wird man ein ähnliches System mit den complementären Farben des vorigen erhalten. —[1]

Die weitere Erzählung der Erscheinungen würde hier zu weit führen. Brewster führt 49 Krystalle an, für welche er den Winkel bestimmt hat, den die Axen mit einander bilden. Indefs trägt er Bedenken, aus diesen anscheinenden Axen einen ganz sichern Schlufs über die Anzahl und wahre Lage der Axen zu ziehen, von denen die brechenden Kräfte ausgehen, weil sehr verschiedene Hypothesen über die Lage derselben zur Erklärung der Erscheinungen dienen und diese anscheinenden Axen als Resultat ergeben können.

16. Indefs, wenn gleich diese Möglichkeit bei *verschiedenen* Hypothesen über die Lage der wirkenden Axen solche Resultate zu erhalten, die den Beobachtungen entsprechen, jene Bestimmungen zweifelhaft machen: so ergiebt sich doch von andrer Seite her eine Uebereinstimmung zwischen der krystallographischen und optischen Beschaffenheit der Mineralien, und diese scheint uns, nach Brewster's scharfsinniger Bemerkung, zu einer sehr entscheidenden Beantwortung der Frage über die Axen doppelter

---

1 Dies wird aus Nr. 14. gröfstentheils verständlich seyn; wie man beide Arten von Strahlen mit Hülfe der Spiegel erhält, wird sich vollständig im Art. *Polarisirung* ergeben.

Strahlenbrechung zu führen [1]. Brewster nämlich findet, daſs in Beziehung auf die von Haüy angenommenen Kerngestalten (molécules intégrantes) der Krystalle, diejenigen Krystalle, die nach den angeführten Versuchen nur *eine* Axe doppelter Brechung zeigen, zu einer gewissen Reihe von Kerngestalten gehören, daſs die, welche *zwei* Axen doppelter Brechung zeigen, zu einer andern Reihe von Kerngestalten gehören, und daſs es endlich Krystalle, zu andern Reihen von Kerngestalten gehörig giebt, deren doppelt brechende Kräfte im Gleichgewichte sind vermöge der vereinten Wirkung dreier gleicher auf einander rechtwinklicher Axen, und daſs diese daher keine doppelte Brechung zeigen.

Die Krystalle, welche nur eine Axe doppelter Brechung zeigen, scheinen entweder auch geometrisch nur eine Axe zu haben, wie der Kalkspath, bei denen die Diagonale zwischen den stumpfen Ecken die einzige gerade Linie ist, die als Axe eine für den ganzen Krystall symmetrische Lage haben kann, oder sie mögen mehrere Axen haben, aus deren einzelnen Wirkungen jedoch eine einzige mittlere entspringt. Allerdings nämlich lassen sich in solchen Krystallen, wie selbst der Kalkspath ist, gerade Linien angeben, die alle mit gleichem Rechte Axen heiſsen könnten, z. B. im Kalkspath die drei zwischen der Mitte zweier einander gegenüberstehender Seiten gezogenen Linien, aber sie können auf jene eine Axe zurückgeführt werden, und zwar auf eine ihnen gleichnamig oder entgegengesetzt wirkende, je nachdem die Neigung jener gegen diese kleiner oder gröſser als 54° 44′ 8″ ist [2]. Und etwas Aehnliches gilt von andern Krystallen, die geometrisch nur *eine* eigentliche Axe haben. Solche Kerngestalten sind das stumpfe Rhomboëder, das spitze Rhomboëder, das quadratische und das sechsseitige Prisma, das Oktaëder mit quadratischer Basis und das Bipyramidaldodekaëder, welche alle Mohs unter zwei Systeme, das rhomboëdrische und das pyramidalische bringt.

Betrachtet man die Krystalle, die zwei Axen doppelter Brechung zeigen, so sieht man, daſs sich bei ihnen nicht eine

1 G. LXIX. 1.

2 = Arc. Tang. $\sqrt{2}$, welchen Werth der Winkel beim Würfel erhält.

einzige geometrische Axe aufweisen läſst, wohl aber zwei auf einander senkrechte. Brewster führt als solche diejenigen an, die in Mohs's prismatisches System gehören, und denen Haüy als Kerngestalten folgende beilegt: das senkrechte und schiefe Prisma mit rechteckiger, mit rhombischer, mit schief parallelogrammischer Basis; das Oktaëder mit rechteckiger (nicht quadratischer) und mit rhomboidaler Basis.

Endlich lassen sich bei den Krystallen, die keine doppelte Strahlenbrechung zeigen, drei Axen nachweisen, und es läſst sich zeigen, daſs drei gleiche auf einander senkrechte Axen, von denen alle positive oder negative Kräfte ausfliessen, ein vollkommenes Gleichgewicht dieser Kräfte ergeben. Solche Körper, in denen sich vollkommen symmetrisch nicht mehr und nicht weniger als drei Axen auffinden lassen, sind der Würfel das regelmäſsige Oktaëder und das Rhomboidaldodekaëder, und diese sind es eben, die keine doppelte Brechung zeigen [1].

17. Theoretische Untersuchungen über die Wirkung zweier Axen hat Brewster in der oben erwähnten Abhandlung angestellt, und sich bemüht zu zeigen, daſs theoretische Schlüsse über die Zahl und Lage der Axen sich nicht so leicht ziehen lassen. Biot dagegen [2] versichert, daſs er die von Laplace für Krystalle mit *einer* Axe geführte Untersuchung nach eben den Principien auf Krystalle mit *zwei* Axen angewandt habe, und daſs sich die Resultate der Rechnung bei Versuchen mit dem weiſsen Topas, nachdem man durch einige Versuche die constanten Gröſsen bestimmt hatte, für alle Lagen des einfallenden Strahls bestätigt fanden. Fresnel bemerkt [3], daſs in Krystallen mit zwei Axen keiner der beiden Strahlen genau der gewöhnlichen Brechung folgen könne, und glaubt auch das, was ihm darüber seine Rechnung angab, durch Versuche mit dem Topas bestätigt zu finden.

---

1 Die weitere Ausführung und ein Verzeichniſs der einzelnen zu jeder Classe gehörenden Krystalle s. in G. LXIX. 18. und über den Zusammenhang zwischen der optischen Structur und der chemischen Bestandtheile von Brewster. G. LXIX. 157.

2 Bulletin de la société philom. 1820. p. 12.

3 Bullet. de la soc. philom. 1822. p. 65.

18. Was die Lage der Lichttheilchen in Hinsicht auf die Polarisirung oder Stellung der Axen bei der doppelten Brechung in den Fällen betrifft, wo der Krystall zwei Axen hat, so stellt BIOT darüber folgende Bestimmungen auf [1]. Hat der Krystall zwei Axen, so führe man durch jede von ihnen eine Ebene, die den gewöhnlich gebrochenen Strahl enthält; dieser Strahl ist dann polarisirt in einer genau mittleren Richtung zwischen diesen zwei Ebenen; und der ungewöhnliche Strahl ist polarisirt in einer Ebene, die senkrecht gegen die für ihn durch eine ganz gleiche Construction gefundene Ebene ist.

19. Einen Umstand, der die Schwierigkeit bei allen diesen Untersuchungen noch in hohem Grade vermehrt, hat HERSCHEL (der Jüngere) aufgefunden [2]. Jene anscheinenden Axen nämlich (Nr. 15.) sind nicht genau dieselben für verschiedenfarbige Strahlen, sondern es findet sich, daſs der violette Strahl in zwei Farbenbüschel zerlegt werden kann, wenn er in eben derselben Richtung durchgeht, in welcher der rothe Strahl unzerlegt durchging. Diese Erscheinung kommt bei allen Krystallen mit zwei Axen vor, und man sieht daraus, daſs man die anscheinende oder neutrale Axe eines Krystalls nur als eine Gleichgewichtsrichtung ansehen muſs, bei welcher die auf das Lichttheilchen einwirkenden Kräfte durch entgegengesetzte Einwirkung sich aufheben. Gesetzt nun, daſs jene Kräfte von gewissen Linien ausgehen, die sich aus der primitiven Form des Krystalles entnehmen lassen (vergl. Nr. 16); so sind wir genöthigt anzunehmen, daſs diese Kräfte ein anderes Verhältniſs für den rothen als für den violetten oder jeden anderen Farbenstrahl haben müssen. Ist aber diese Wirkung eine andere für jeden Farbenstrahl, so muſs, wenn auch nur eine einzige Axe wirksam ist, die Farbenfolge in den kreisförmigen Ringen eine Abweichung von der Newtonschen Farbenscale darstellen, und dieses findet sich in der That so. —

Hier muſs ich mich begnügen, diese merkwürdige Untersuchung nur angedeutet zu haben, da sie zu sehr in Lehren

1 Bullet. de la soc. philom. 1820. p. 12.
2 Transact. of the Cambridge Soc. Vol. I. Part I. p. 21.

eingreift; die erst im Art. *Polarisirung* erklärt werden können.

20. Aber wieviel uns hier überhaupt noch fehlt, um alle Umstände richtig zu übersehen, davon giebt MITSCHERLICH's wichtige Entdeckung[1] über die Ausdehnung der Krystalle durch die Wärme einen Beweis. Nach seinen Versuchen findet beim Kalkspath, wenn er erwärmt wird, eine Abnahme der stumpfen Winkel und eine Zunahme der spitzen Winkel statt, die für 80 Gr. Réaum. $8\frac{1}{2}$ Min. beträgt, diese Aenderung rührt daher, weil der Kalkspath nach der Richtung seiner Hauptaxe sich durch die Wärme ausdehnt, während er in den übrigen Richtungen eine Zusammenziehung leidet. Nach MITSCHERLICH's Bestimmungen findet eine solche Ungleichheit der Ausdehnung nach den verschiedenen Dimensionen nicht statt für Krystalle, die keine doppelte Brechung zeigen, dagegen verhalten sich die Krystalle mit *einer* Axe gerade in der Richtung dieser Axe anders gegen die Wärme, als in den darauf senkrechten Richtungen, und die Krystalle mit *zwei* Axen doppelter Brechung dehnen sich nach allen drei Richtungen verschieden aus.

Welchen Einfluſs diese Veränderung auf die doppelte Brechung habe, hat MITSCHERLICH zwar in Verbindung mit FRESNEL untersucht, aber den Erfolg seiner Bemühungen noch nicht bekannt gemacht[2]. Die ungleiche Ausdehnung hat FRESNEL[3] auch an Gyps beobachtet.

Andere Erscheinungen, die der Doppelspath und andere Krystalle darbieten.

21. Nicht bloſs da, wo ein von auſsen zum Krystall gelangender Strahl in ihn eindringt, wird dieser in zwei Farbenbüschel gespalten, sondern dasselbe ereignet sich auch, wenn ein auf die innere Oberfläche des Krystalls auffallender Strahl, statt aus ihm hervorzudringen, ganz oder

1 Poggendorff Ann. d. Phys. I. 125.

2 Hierher scheint Fresnel's Beobachtung zu gehören. Ann. de Ch. et P. IV. 298.

3 Poggendorff Ann. d. Phys. II. 109.

zum Theil nach Innen zurückgeworfen wird. Dafs nämlich auch hier der durch den Krystall durchgehende Strahl, wenn er die zweite Oberfläche erreicht, in gewissen Fällen theilweise, in andern gänzlich (vergl. Art. *Brechung*. Nr. 27) reflectirt wird, läfst sich leicht übersehen. Bei dieser Zurückwerfung nun erleidet fast in allen Fällen die Lage der Lichttheilchen eine solche Aenderung, dafs der im Innern zurückgeworfene Strahl sich wieder spaltet. Um die Regeln, nach welchen dies geschieht, leicht zu übersehen, dient die Bemerkung, dafs der reflectirte Strahl sich so verhält, als ob er von aufsen käme.

Ist also erstlich der Strahl, welcher die innere Oberfläche trifft, ein gewöhnlich gebrochener, so erhält man zwei zurückgeworfene Strahlen, deren einer, der der gewöhnlichen Brechung folgende, oder ihr gemäfs polarisirte, ganz so wie in andern Fällen reflectirt wird, der andre hingegen hat die Richtung, welche ein ungewöhnlich gebrochener Strahl haben würde, wenn der eben beschriebene, gewöhnlich gebrochene, einem von aufsen kommenden Strahle zugehörte, und der ungewöhnlich gebrochene eben demselben seinen Ursprung verdankte.

Wäre dagegen zweitens der die innere Oberfläche treffende Strahl ein ungewöhnlich gebrochener, so ist es nöthig, den ihm zugehörenden gewöhnlich gebrochenen zu berechnen, nämlich diejenige Richtung, die dieser haben würde, wenn jener da eindränge, wo er die Oberfläche trifft; führt man dann aus diesem berechneten Strahle die Bestimmung beider nach der Reflexion hervorgehenden Strahle so, wie im ersten Falle, so hat man beide reflectirte Strahlen, oder kurz: ein gewöhnlich gebrochener und ein ungewöhnlich gebrochener Strahl, die sich bei ihrem innern Einfallen begleiten, begleiten sich auch nach der Reflexion [1]. Dies würde nicht blofs für den Doppelspath, sondern auch für andre Krystalle gelten.

22. Der Doppelspath zeigt oft eine noch gröfsere Vervielfachung der Bilder. Von Mussenow beschreibt [2] sehr

1 Biot Traité. III. 355.
2 G. XLIV. 21.

genau einen, der neben den beiden Hauptbildern noch an jeder Seite zwei Nebenbilder desselben durch ihn gesehenen Gegenstandes zeigte. Die Nebenbilder waren, vermöge der gewöhnlichen Farbenzerstreuung etwas gefärbt, und zwar beide oder alle vier mit einem rothen Saume an der innern, mit einem violetten Saum an der äufsern Seite. v. Münchow zeigt sehr genügend, dafs eine sprungartig durchgehende Ebene, die im Krystall kenntlich war, diese Erscheinung bewirkte.

Aehnliche Erscheinungen und eine noch gröfsere Vervielfachung der Bilder hat Martin schon beobachtet, und unter andern einen Versuch beschrieben, wobei 20 einzelne Bilder sichtbar wurden [1].

23. Die besondern Erscheinungen, welche sich bei manchen doppelt brechenden Krystallen zeigen, können hier unmögl. alle erwähnt werden, ich führe nur einige kurz an.

Nach Biots Beobachtungen [2] hat der Turmalin die Eigenschaft, doppelte Bilder zu *zeigen*, wenn man ein dünnes Stück anwendet, einfache Bilder, wenn man durch dickere Stücke sieht; Brewster beschreibt umständlich die Erscheinungen doppelter Brechung im Analcim [3]. Hier scheine von der Regel, dafs die Eigenschaft der doppelten Brechung *in* den *kleinsten Theilchen*, aus dem der Krystall besteht, ihren Sitz habe, eine Ausnahme statt zu finden. Perlmutter zeigt, dünne geschnitten und polirt, mehrere Bilder, nach Brewster [4] ein Paar colorirte Bilder und nach Herschel [5] noch aufserdem zwei neblige colorirte Massen. Aber am merkwürdigsten ist, dafs *man* auch Glas und andern Massen die Eigenschaft, doppelt zu brechen, künstlich ertheilen kann. Seebek hatte zuerst entdeckt, dafs eine schnelle Abkühlung nach starker Erhitzung dem Glase Eigenschaften ertheilt, die es zu Darstellung der Erscheinungen fähig

---

1 Brewster hat die Beob. zieml. umständlich mitgetheilt in Edinburgh. philos. Journal. Vol. VIII. p. 245.

2 Ann. de Chimie. XCIV. p. 191.

3 Edinb. phil. Journ. Nro. XX. p. 255.

4 Philos. Transact. 1814. p. 404.

5 Edinb. Philos. Journ. Nr. III. p. 114.

macht, welche man sonst nur bei doppelt brechenden Krystallen kannte; Brewster fand, daſs eine ungleiche Fortpflanzung der Wärme in den Platten eben dieses bewirke, und endlich beobachteten Seebek und Brewster, daſs ein starker Druck bei Glas eben die Wirkung hervorbringe. Indeſs, obgleich diese Wirkung in Hinsicht auf die Polarisirung genau dem entsprach, was die doppelt brechenden Krystalle zeigen, und man daher mit Recht schloſs, daſs sich auch ein Erscheinen doppelter Bilder zeigen müsse, so hatte doch keiner dieser Beobachter dieses Phänomen wirklich wahrgenommen. Da sich wohl voraussehen lieſs, daſs *ein* Prisma bei sehr geringer Ablenkung beider Strahlen von einander nicht hinreichen würde, um ein doppeltes Bild zu zeigen, so legte Fresnel [1] vier Prismen, deren brechender Winkel ein rechter war, so neben einander, daſs die brechenden Winkel nach *einer* Seite lagen, und die parallelen Kanten der neben einander liegenden Grundflächen sich berührten. Diese vier Prismen waren so zwischen einen eisernen Schraubstock gelegt, daſs sie dadurch der Länge nach zusammengepreſst werden konnten. Um diese Prismen zu achromatisiren, oder jede, hier nicht zum Zweck gehörende Brechung aufzuheben, wurden die Zwischenräume zwischen diesen Prismen durch völlig gleiche, umgekehrt liegende Prismen ausgefüllt, und an den Enden Prismen von 45 Grad angelegt, um ein rechtwinkliges Parallelepipedum zu bilden, wodurch das Licht geradlinigt fortgehen würde, wenn alle in ihrer natürlichen Beschaffenheit blieben. Um die Reflexionen an den Oberflächen zu hindern, war zwischen den Flächen Terpentin aufgestrichen. Nachdem alles so vorgerichtet war, wurden die ersten vier Prismen stark zusammengepreſst, während die etwas kürzeren, zur Ausfüllung und Achromatisirung bestimmten, diesen Druck nicht litten, und es lieſs sich nun voraussehen, daſs die kleine Abweichung der beiden Strahlenbüschel von einander, die etwa im ersten Prisma entstehen möchte, sich im zweiten, dritten, vierten, vermehren müsse; und wirklich zeigten sich bei starker Compression zwei deutlich von einander ent-

1 J. de P. 1822. Octbr. p. 314.

fernte Bilder, wie es hier, wo der Strahl senkrecht auf die Richtung der Compression, welche zugleich die Axe doppelter Brechung ist, durchgieng, der Fall seyn mufste. *B.*

Breite, geographische.

Polhöhe; *Latitudo geographica;* Latitude; *Latitude;* die geographische Breite eines Ortes heifst sein Abstand vom Erdäquator auf der Kugel gemessen, oder auch der Bogen des Meridians vom Zenith des Ortes bis zum Aequator der Himmelskugel. Sie heifst *südlich* oder *nördlich*, je nachdem der Ort zwischen dem Aequator und dem Südpole oder aber dem Nordpole liegt. *Höhere* Breiten nennt man diejenigen, die weit vom Aequator abstehen, niedere dagegen diejenigen, welche demselben näher sind.

Die Breite ist, in Verbindung mit der Länge, ein Hauptelement der geographischen Ortsbestimmung; und kann in der Regel nur durch astronomische Beobachtungen ausgemittelt werden; die Fälle abgerechnet, wo sie zur See durch Messung des vom Schiffe zurückgelegten Weges, vermittelst der Schiffsrechnung, zu Lande etwa durch Dreieckmessungen von der Breite eines andern Ortes hergeleitet wird. Es bezeichne HAZPO den Meridian eines Ortes, HQO den Horizont desselben, Z seinen Scheitelpunct, AQ die Lage des Aequators, P den Erdpol, so ist AZ die Breite des Ortes, AH die Höhe des Aequators, oder die Neigung des Horizonts gegen den Aequator, und OP die Erhebung des Pols über den Horizont. Da HZ ein Quadrant ist, so ist AH die Ergänzung von AZ zu 90°. Eben so ist, weil AP und OZ Quadranten sind, der Bogen PZ die Ergänzung von AZ und auch von OP. Mithin ist OP = AZ; d. h. *Polhöhe und Breite sind einander gleich.* Zur Bestimmung der Breite wird also die Kenntnifs irgend eines der vier Bogen AH, AZ, PZ, OP, oder der gegenseitigen Lage von Horizont und Aequator, Zenith und Pol erfordert. Diese kann, wie alles, was auf den Horizont sich bezieht, nur durch Messung der Höhen erlangt werden. Von der Genauigkeit, mit welcher diese gemacht werden kann, hängt der praktische Theil der Breitenbestimmung ab. Diesen Mängeln der Beobachtung selbst, so wie den Ungewifsheiten, die von der De-

Fig. 281.

clination des beobachteten Gestirns, seiner Parallaxe und der Strahlenbrechung abhängen, hat man auf verschiedene Weise zu begegnen gesucht, wodurch folgende Methoden der Breitenbestimmung entstanden sind.

a. Aus der Mittagshöhe eines Gestirns. Die einfachste und allgemeinste jener Methoden besteht darin, die Höhe eines Gestirns zu messen, in dem Moment, wo es den Meridian passirt. Man verbessert dieselbe wegen Refraction, und: (wenn man die Sonne beobachtet hat, wegen ihres Halbmessers und ihrer Parallaxe) und subtrahirt oder addirt die Declination des Gestirns, je nachdem sie mit der Polhöhe gleichnamig oder ungleichnamig ist; somit erhält man die Aequatorshöhe. Hat man, wie die Einrichtung der neuern Instrumente es mit sich bringt, statt der Höhe ihr Complement, die Zenithdistanz gemessen, so werden die erwähnten Correctionen umgekehrt angebracht.

b. Circummeridianhöhen. Da sich die Höhe eines Gestirns um die Zeit seiner Culmination nur langsam ändert, so läſst sich für kleine Abstände von der Culminationszeit durch eine leichte Rechnung bestimmen, um wie viel dasselbe niedriger stand, als seine gröſste Höhe. Man pflegt daher etwa eine Viertelstunde vor und nach der Culmination, so oft man kann, eine Höhe oder Zenithdistanz zu messen, und durch Anbringung des mit aller Zuverlässigkeit zu berechnenden Unterschieds, alle diese Beobachtungen in eigentliche Mittagshöhen zu verwandeln. Auf diese Weise erhält man mehrere Bestimmungen, deren Mittelgröſse, wenn keine constanten Fehler sich eingeschlichen haben, nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit, je nach der Anzahl und der Uebereinstimmung der Resultate sich der Wahrheit in bedeutendem Grade nähert. Man thut jedoch wohl, bei der Beobachtung selbst sich nicht zu übereilen, und mehr darauf zu sehen, möglichst genaue, als nur viele Beobachtungen zu machen.

c. Verbindung zweier Mittagshöhen im südlichen und im nördlichen Theile des Meridians. Es bezeichne φ die gesuchte Breite oder den Abstand des Zeniths vom Aequator, d die nördliche Abweichung eines Sterns auf der Südseite des Meridians, δ die Abweichung des auf der Nordseite cul-

minirenden Sterns; z und Z seyen die beiden Zenithdistanzen, so ist $\varphi = z + d$ und auch $= \delta - Z$. Sind nun die Zenithdistanzen mit irgend einem constanten Fehler des Instruments, einem Collimationsfehler[1] od. dgl. behaftet, der jedoch bei beiden Beobachtungen sich gleich bliebe, so wird er durch Verbindung beider sich aufheben. Wären z. B. beide z und Z um 5 Min. zu grofs, so würde die Breite aus den südlichen Beobachtungen um eben so viel zu grofs, dagegen die aus der nördlichen um 5 Min. zu klein werden. Das arithmetische Mittel aus beiden φ gäbe die richtige Breite; ihr halber Unterschied den Fehler des Instruments. Diese Methode hilft also die constanten Fehler des Instruments vermeiden; und war früher hauptsächlich zur Ausweichung des Theilungsfehlers vorgeschlagen worden; ein Vortheil, der bei der Genauigkeit der heutigen Eintheilungsmethoden grofsentheils überflüssig wird. Wählt man solche Sterne, deren Zenithdistanzen beinahe gleich sind, so fällt auch der Einflufs der Refraction weg, zumal, wenn man die Beobachtungen um die nämliche Zeit anstellt.

d. Höhen des nämlichen Sterns über und unter dem Pol. Sowie man den Fehler des Instrumentes beseitigen kann, so läfst sich auch ein anderes Element der Breitenbestimmung, die Declination eliminiren. Man nimmt zu dem Ende die Höhe eines der Sterne, die niemals untergehen, in seiner obern, und 12 Stunden Sternenzeit später in seiner untern Culmination. Das arithmetische Mittel aus beiden Höhen, nachdem diese von der Refraction befreit sind, giebt die Höhe des Poles über dem Horizonte. Diese ist jedoch mit dem absoluten Fehler des Instrumentes behaftet; auch darf wegen Ungleichheit der Refraction die Differenz der Höhen nicht zu grofs seyn; daher man hierzu am besten Sterne nahe am Pol, am öftersten den *Polarstern* wählt. Bei der Genauigkeit, mit welcher die Declination der meisten Sterne, zumal die der gröfseren um den Pol bestimmt sind, ist diese Methode nicht von besonderm Nutzen.

e. Höhen des Polarsterns. Die geringe Höhenänderung dieses Sterns um die Zeit seiner Culmination macht ihn

1 S. *Collimation.*

zur Anwendung der oben in b angeführten Methode der Circummeridianhöhen besonders tauglich. Allein auch ausser dem Meridian in jeder beliebigen Entfernung von demselben ist seine Bewegung so geringe, und die Reduction auf die Mittagshöhe, die gröfstentheils vom Cosinus des Stundenwinkels abhängt, so leicht zu berechnen, dafs er nach Littrow's Vorschlage zu jeder Zeit zur Bestimmung der Breite benutzt werden kann[1]. Littrow's Formel ist folgende: es sey Z die beobachtete Zenithdistanz des Polarsterns, P seine Polardistanz; t der Stundenwinkel, so ist die Aequatorshöhe

$$\psi = \text{P.Cos.t} - \frac{\text{P}^2.\ \text{Sin.}^2\ \text{t. Sin. } 1''}{2} \times \text{Cotg. Z} + \frac{\text{P}^3.\ \text{Sin.}^2\ \text{t. Sin. } 1''.\ \text{Cos. t}}{3};$$

die beiden letztern Glieder lassen sich in ein Paar kleine Tafeln bringen, die man an dem angezeigten Orte findet.

f. Gleiche Höhen der Circumpolarsterne. Die im vorigen Satze e bezeichnete Methode setzt, zumal in gröfserer Entfernung vom Meridian, eine genaue Kenntnifs der wahren Sternzeit voraus; beim Polarstern selbst bewirkt im schlimmsten Falle eine Zeitsecunde Fehler des Stundenwinkels, freilich nur eine halbe Raumsecunde Fehler in der Polhöhe. Auch dieser Fehler läfst sich jedoch compensiren, wenn man zu beiden Seiten des Meridians in nahe gleicher Entfernung von demselben das Gestirn beobachtet, da dann der Fehler des Stundenwinkels mit entgegengesetzten Zeichen auf die Höhenänderung einwirkt.

g. Höhen zweier Sterne nebst der Zwischenzeit der Beobachtung. Diese Methode, welche nebst der Breite auch noch den Stundenwinkel finden lehrt, ist eigentlich eine Erweiterung des ursprünglich zum Gebrauch der Seefahrer bestimmten Problems. Aus zwei Höhen eines und eben desselben Sterns nebst der Zwischenzeit der Beobachtung die Breite und die wahre Zeit zu bestimmen. Nach der

---

1 v. Lindenau und v. Bohnenberger's Zeitschr. für Astron. III. 208. Corresp. Astron. du B. de Zach. IV. 370. Tafeln zur Erleichterung der Rechnung von Littrow und ähnliche von Horner ebend. VI. 74 u. V. 316.

bequemen indirecten Auflösung, welche LITTROW[1] gegeben hat, wird sie auch für die genauere Astronomie, zumal auf Reisen ein brauchbares Hülfsmittel der Ortsbestimmung. Die Breite wird hierbei, was zu Lande mit ziemlicher Genauigkeit sich thun läſst, nach Schätzung bestimmt, und mit diesem nicht ganz genauen Element werden die beiden Stundenwinkel berechnet, deren Vergleichung mit der beobachteten wahren Zwischenzeit die Verbesserung der Breite durch *eine* kurze Rechnung an die Hand giebt. Man hat nämlich, wenn man mit y und y' die mit der supponirten Aequatorshöhe μ berechneten Stundenwinkel, mit ω und ω' die zugehörigen Azimuthe bezeichnet,

$$A = \frac{\text{Cotg. } \omega}{\text{Sin. } \mu} \text{ und } A' = \frac{\text{Cotg. } \omega'}{\text{Sin. } \mu'}; \text{ hieraus die}$$

$$\text{Verbesserung von } \mu = \frac{y' - y + \Theta}{A - A'};$$ hiebei ist Θ die Differenz der Rectascensionen plus der Zwischenzeit der Beobachtungen. *Stundenwinkel sowohl als Azimuth sind auf der Ostseite des Meridians negativ.* Die Azimuthe, die man nur in Minuten zu kennen braucht, finden sich aus den Formeln:

$$\text{Sin. } \omega = \frac{\text{Sin. p. Sin. y}}{\text{Sin. a.}} \text{ und Sin. } \omega' = \frac{\text{Sin. p'. Sin. y'.}}{\text{Sin. a'.}}$$

a, a' sind die beobachteten Zenithdistanzen, p, p' die Polarabstände der Sterne.

h. Beobachtung eines Sterns bei seinem Durchgang durch den östlichen und westlichen Verticalkreis. Wenn man ein berichtigtes Passageinstrument in der Richtung von Osten und Westen befestigt, dergestalt, daſs seine Queraxe horizontal in der Richtung des Meridians sich befindet, so werden die Sterne, deren Abweichung der Polhöhe gleich ist, den mittlern Verticalfaden desselben berühren, alle übrigen aber, die zwischen dem Zenith und dem Aequator liegen, zweimal im Fernrohr beobachtet werden

---

1 Theoretische und practische Astronomie. Wien. 1821. II Vol. 8. I. 181.

können. Nennt man die Zeit de östlichen Durchgangs t, die des westlichen t', die Abweichung δ, die Breite φ, so ist $\text{Tang.}\ \varphi = \text{Tang.}\ \delta \dfrac{\text{Cos.}\ \frac{1}{2}(t + t')}{\text{Cos.}\ \frac{1}{2}(t - t')}$.

Die Beobachtung läfst sich mit einem tragbaren Transitinstrumente oder noch besser mit dem Reichenbachschen Universalinstrumente machen, welches man jederzeit leicht nach dem Polarstern orientiren kann. Ein kleiner Fehler in der Azimuthalrichtung des Fernrohres, im Gange der Uhr ist von keinem bedeutenden Einflufs, wenn man sich solcher Sterne bedient, die nahe am Zenith durchgehen. Man erhält durch diese Methode eine Breitenbestimmung, bei welcher man von der Gradeintheilung ganz unabhängig ist, und welche ihr Erfinder Bessel, zur Bestimmung der *Breitenunterschiede* vorschlug, indem wenn man sich auf allen Stationen der nämlichen Sterne bedient, auch der Einflufs der Abweichung wegfällt[1].

Breitenbestimmung zur See. Zur See begnügt man sich, die gröfste Höhe der Sonne abzuwarten, und aus dieser mit Zuziehung der Declination die Breite des Schiffes herzuleiten. Die Uebereinstimmung, mit welcher verschiedene Beobachter zugleich, unter gewöhnlich guten Umständen und mit guten Sextanten eine Breite bestimmen mögen, mithin die Genauigkeit einer einzelnen guten Beobachtung läfst sich auf etwa 20 Raumsecunden oder 2000 Fufs auf der Erde anschlagen, was zumal im Verhältnifs zu der weit unsicherern Längenbestimmung für den Seegebrauch mehr als genügend ist. In denjenigen Fällen, wo die Mittagsbeobachtung nicht erhältlich war, bedient man sich wo möglich der Culmination des Mondes, wobei jedoch wegen der schnellen Abweichungsänderung des Mondes die Länge und die wahre Zeit ziemlich genau bekannt seyn müssen; oder man versucht auch des Nachts Sternhöhen zu messen, für welchen Zweck man nach dem Vorschlage des Admiral Löwenörn die Sextanten und Octanten mit einem kleinen lichtstarken Fernrohr nach Art der Operngucker versehen soll, um den so schwach beleuchteten Horizont des Meeres besser wahrnehmen zu

1 Schumacher Astronomische Nachrichten III. 10 No. 49.

können. Da es oft unthunlich ist, die Culminationszeiten der hellern Fixsterne und Planeten abzuwarten, so hat man in neuern Zeiten für die nördliche Hälfte der Erde die oben in e bemerkte Methode in Vorschlag gebracht, und in den neuen nautischen Ephemeriden von Kopenhagen, so wie in den bessern neuern Lehrbüchern der nautischen Astronomie Tafeln für die bequeme Berechnung der Breite aus Höhen des Polarsterns gegeben. Man hat den Seefahrern häufig noch eine dritte Methode der Breitenbestimmung anempfohlen, die aber trotz aller Mühe, die man sich gegeben hat, die erforderliche Berechnung abzukürzen, doch im Ganzen noch nicht recht in Ausübung gekommen ist. Es ist die oben in g angeführte; mit der Veränderung, daſs man statt der Ascensionaldifferenz zweier gleichzeitig beobachteten Sterne den Unterschied der Stundenwinkel eines und eben desselben in zwei verschiedenen Zeitpuncten beobachteten Gestirns in Rechnung brachte. Sie ist unter dem Namen des Problems von Douwes bekannt; und wird so ausgesprochen: „Aus zwei Höhen der Sonne auſserhalb des Meridians die Breite und die wahre Zeit zu finden". Douwes bediente sich der indirecten Methode, welche eine supponirte Breite in Rechnung bringt. Allein, obgleich er noch ausführliche Tafeln zu ihrer Abkürzung mittheilte, so wurde sie dennoch wenig benutzt aus folgenden Gründen: erstlich, weil die meisten Seefahrer, wenn sie im freien Ocean in gefahrlosen Gegenden und ohne Anzeigen von starken Strömungen sich befinden, sich lieber für ein Paar Tage mit der aus der Schiffsrechnung hergeleiteten Breite behelfen, als eine mehr oder weniger beschwerliche Rechnung unternehmen; zweitens, weil selbst diese Rechnung häufig durch langweilige Annäherungen den Rechner oft im Zirkel herumführte; und drittens, weil unnöthige Beschränkungen der Beobachtung selbst die Anwendung der Methode oft ganz unmöglich machten. Neuere Schriftsteller über nautische Astronomie, Mendoza, Rosset, Delambre, Du Hamel, Du Bourguet empfehlen deswegen die rein trigonometrische Methode: allein die Auflösung von drei sphärischen Dreiecken bleibt immer eine beschwerliche Sache, und gestattet keine Abkürzung durch Tafeln. Littrow's oben in g erwähnte Methode scheint diese

Schwierigkeiten zu heben, und eine kürzere und sicherere Rechnung darzubieten, die noch beträchtlich abgekürzt werden kann, wenn man die Werthe A und A' in Tafeln bringt, was durch folgende Formel sich thun läfst:

$A = \text{Tang.}\,\varphi\,\text{Cotg.}\,t \mp \text{Tang.}\,\delta\,\text{Cotg.}\,t \mp \text{Tang.}\,\delta\;\text{Tang.}\,\frac{1}{2}\,t,$

wobei φ die Breite, t den Stundenwinkel, δ die Abweichung des Gestirns nördlich bei —, und südlich bei + vorstellt. Diese Methode hat überdem den Vorzug der Allgemeinheit, indem sie auch auf gleichzeitige Höhen zweier Gestirne anwendbar ist, mithin z. B. bei Mondsdistanzen, zur genauern Bestimmung der wahren Zeit dient, die sonst meistens nur nach einer durch die Schiffsrechnung bestimmten Breite berechnet wird[1].

Auf Landreisen kann der Beobachter allerdings seine Breite viel schärfer bestimmen, als zur See. Er bedient sich hierzu am besten der oben in b bemerkten Methode der Circummeridianhöhen. Die Vollkommenheit, in welcher sein Hauptinstrument, der Spiegelsextant, gegenwärtig von den Künstlern verfertigt wird, gestattet ihm beim Gebrauche des künstlichen Horizontes eine früher kaum möglich geglaubte Genauigkeit in seine Beobachtungen zu legen; und bei der Lichtstärke der neuern Instrumente dieser Art, und der Anwendung eines bequemen Stativs kann er auch durch Sternhöhen eben so gut, wie sonst blos durch die Sonne, seinen Endzweck erreichen. Das Reichenbachsche Universalinstrument in einem kleinern Mafsstabe ausgeführt, würde allerdings, zumal als Passageinstrument für die Zeitbestimmung und als Theodolith zu Aufnahmen, für den reisenden Astronomen ein nützliches Werkzeug bilden; doch würde es in dieser reducirten Form für die Breitenbestimmung dem Sextanten wohl an Genauigkeit nachstehen müssen[2].

H.

---

1 Corresp. Astron. du B. de Zach. VIII. 318.

2 Ueber das, was mit dem letztern Instrumente in dieser Hinsicht geleistet werden könne, sehe man unter Andern die Beobachtungen der Russischen Astronomen Simonof. i. d. Corresp. Astron. Vol. X. p. 26-36 und die von Hansteen in Schumachers Astron. Nachr. St. 3, 8, 12 etc. nebst frühern ähnlichen Beispielen in der monatl. Correspondenz für Erd- und Himmelskunde.

Breite der Gestirne.

Latitudo siderum; Latitude des astres; *Latitude of stars.* Der Abstand eines Gestirnes von der Ekliptik heifst die Breite desselben. Dieser Abstand wird auf dem vom Pole der Ekliptik gegen die Ekliptik gezogenen gröfsten Kreise gemessen, der also senkrecht gegen die Ekliptik ist. Die Breite ist nördlich oder südlich, je nachdem der Stern gegen den Nordpol oder Südpol der Ekliptik zu liegt. Sie kann nie über 90 Grade betragen.

Die in der Ekliptik selbst stehenden Sterne haben keine Breite, daher pflegt man gewöhnlich auch die Breite des Sonnenmittelpunctes als = 0 anzusehen, obgleich die Perturbationen doch auch ihn ein wenig von der Ekliptik entfernen können. Der Mond und die Planeten haben bald nördliche bald südliche Breite, da ihre Bahnen eine Neigung gegen die Ekliptik haben.

Die Breite dient, in Verbindung mit der Länge, um die Lage eines Sternes zu bestimmen, und die alten Astronomen bedienten sich dieser Bestimmung, um den Ort der Sterne anzugeben. Sie suchten deshalb die Breite mit Hülfe der Ringkugel durch Beobachtungen zu finden, was aber, da die Ekliptik unaufhörlich ihre Stellung ändert, schwierig ist. Die neuern Astronomen haben daher die Angabe der *geraden Aufsteigung* und *Abweichung* zur Bestimmung der Lage mit Recht vorgezogen.

Die Lage der Planeten wird sehr oft durch Länge und Breite angegeben; da aber ist es nöthig, die *heliocentrische* Lage von der *geocentrischen* zu unterscheiden; jenes ist die Lage, in welcher der Planet von dem Mittelpuncte der Sonne aus gesehen, erscheinen würde, die geocentrische Lage dagegen ist der Ort, wo ein Beobachter im Mittelpuncte der Erde den Planeten sehen würde. Hieraus erklärt sich, was *heliocentrische* und *geocentrische Breite* ist.

Die Berechnung der Breite aus gegebener gerader Aufsteigung und Abweichung ist genau der Berechnung der Abweichung aus Länge und Breite entsprechend[1].

B.

---

1 S. *Abweichung.*

Brennglas.

Brennlinse; *Vitrum ustorium* s. *causticum. Lens caustica;* Verre ardent; *Burningglafs.* Ein entweder an einer Seite oder an beiden Seiten erhaben geschliffenes Linsenglas, welches die Sonnenstrahlen in einen engen Raum vereiniget und dadurch Hitze hervorbringt. Man bedient sich lieber des an beiden Seiten convexen Glases, weil es die Strahlen in einem nähern Brennpuncte vereinigt und sich auch mehr concentrirt. Uebrigens würde selbst der Meniscus als Brennglas wirken, da auch er die Strahlen in einen Brennpunct vereinigt[1].

Um die hervorzubringende Hitze recht bedeutend zu erhalten, mufs das Brennglas grofs, und der Raum, in welchem die Lichtstrahlen vereinigt werden, möglichst klein seyn, auch mufs man das Glas den Sonnenstrahlen so zu wenden, dafs sie es senkrecht treffen. Um die Wirkung zu verstärken, bringt man bei grofsen Brenngläsern da, wo die Strahlen schon sehr nahe vereinigt sind, ein kleineres convexes Glas, als *Collectivglas* an, um die Strahlen in einem engern Brennraume zu vereinigen. Tschirnhausen beschreibt diese Einrichtung und fand sie sehr wirksam[2]. Dafs schon die Alten Brenngläser kannten, scheint aus einer Stelle im Aristophanes[3] zu erhellen, die Vofs so übersetzt:

Streps. Du hast bei den Heilkrauthändlern doch wohl jenen Stein
Ehmals gesehn, den schönen, den durchsichtigen,
Womit sie Feuer zünden.
Sokr. Meinst du Brennkrystall?
Streps. Den mein' ich.
.... Ja, nähm' ich den,
Indefs der Schreiber jene Klag' ausfertigte,
Abwärts mich stellend, also nach der Sonne hin,
Jedweden Buchstab schmelzt' ich hinweg aus der Klagschrift.

1 S. *Linsengläser.*

2 Acta Erudit. Lipsiens. 1691. p. 52 und 1697. p. 414.

3 Aristophanes von J. H. Vofs Braunschw. 1821. Wolken. v. 760.

Dafs man darunter ein Brennglas verstehen müsse, scheint DE LA HIRE zuerst nachgewiesen zu haben[1]. Vom Brennen vermittelst gläserner und krystallener Kugeln redet auch PLINIUS[2], und LACTANTIUS[3] erwähnt, dafs eine gläserne, mit Wasser gefüllte Kugel auch in der Kälte Feuer anzünde, wenn man sie der Sonne aussetzt.

Im Mittelalter werden sie öfter erwähnt. Aber auffallend heftige Wirkungen hat TSCHIRNHAUSEN zuerst durch sie hervorgebracht. Er liefs einige sehr grofse Linsengläser machen[4], deren zwei eines von 33 Zoll Durchmesser und 7 Fufs Brennweite, und ein zweites von 33 Zoll Durchmesser und 12 Fufs Brennweite nach Paris gekommen sind; ein drittes von 24 Zoll Durchmesser und 6 Fufs Brennweite befindet sich vermuthlich noch auf der Rathsbibliothek in Görlitz. Auch HARTSOEKER verschaffte sich ein Brennglas von 41 Zoll Breite und 9 Fufs Brennweite[5]. Die Wirkungen dieser Gläser waren sehr heftig, und glichen denen des stärksten Feuers. Es wurde z. B. selbst grünes oder im Wasser erweichtes Holz sogleich angezündet; Metalle kamen zum Schmelzen, Ziegel, Bimsstein u. dgl. wurden glühend; Fichtenholz wurde selbst im Wasser verkohlt (doch, sagt TSCHIRNHAUSEN, bemerkte man dies nicht so sehr an der vom Wasser benetzten Oberfläche, als wenn man es zerschnitt); auf einer ausgehöhlten Kohle schmelzte jedes Metall, und einige Metalle, namentlich Zinn und Blei, gingen in Rauch auf, wenn sie lange im Flufs erhalten wurden. Diese und ähnliche Wirkungen beschreiben TSCHIRNHAUSEN, HOMBERG[6], HARTSOEKER und GEOFFROY[7]. HOMBERG u. TSCHIRNHAUSEN behaupteten, das Gold verglafst zu haben, was aber Hartsoeker bestreitet.

Das durch diese starken Brenngläser verdichtete Licht des Mondes brachte dagegen keine Spur von Wärme hervor[8].

1 Hist. de l'Acad. de Paris. 1708. p. 112.
2 Histor. natural. L. 36. c. 26. L. 37. c. 2.
3 Lact. de Ira Dei. Cap. X.
4 Act. Erud. Lips. 1691. p. 52. 1697. p. 414.
5 Hartsoeker Cours de Physique Livre 3. Chap. 4. Art. 11.
6 Mém. de l'Acad. 1702. p. 141. 1706. p. 158. 1707. p. 40.
7 Mém. de Paris 1709 p. 162.
8 Tschirnh. am ang. Ort. Hartsoeker Cours de phys. Liv. 4. Chap. I. art. 5.

Aehnliche Versuche mit sehr grofsen Brenngläsern haben Cadet, Brisson, Macquer und Lavoisier angestellt. Da die sehr dicken Glasmassen der Tschirnhausenschen Brenngläser keine vollkommene Durchsichtigkeit besafsen, so bedienten sie sich einer mit Terpentinöl gefüllten Linse. Es wurden nämlich[1] zwei Gläser, die als Kugelabschnitte von 4 Fufs Durchmesser zu Kugeln von 8 Fufs Halbmesser gehörten, zusammengesetzt, und der Zwischenraum, dessen gröfste Dicke gegen $5\frac{1}{2}$ Zoll betrug, mit jener Flüssigkeit gefüllt. Derjenige Brennpunct, den diese Linse zeigte, wenn man nur die nahe an der Axe einfallenden Strahlen benutzte, war 10 Fufs 11 Zoll 5 Lin. entfernt, und es zeigte sich da ein wohlbegrenzter Brennraum von $14\frac{1}{4}$ Lin. Durchmesser. Bedeckte man dagegen den mittlern Raum und liefs blofs den Rand frei, so rückte der Brennpunct näher, so dafs er nur 10 Fufs 0 Zoll 6 Linien entfernt lag, wenn blofs ein 6 Lin. breiter Rand frei blieb. Benutzte man *alle* auffallende Strahlen, so fand man den wirksamsten Punct in 10 Fufs 10 Zoll 1 Lin. Entfernung von der Mitte der Linse. Bei dieser grofsen Brennweite war die für jede Art von Farbenstrahlen verschiedene Lage des Brennpunctes sehr deutlich zu bemerken, und jener Punct der gröfsten Hitze fiel nahe an den Vereinigungspunct der gelben Strahlen.

Die Wirkungen dieser Linse waren weit stärker, als die der Tschirnhausenschen. Sie schmolz ohne Collectivglas in $\frac{1}{2}$ Min. Kupfermünzen, die jene in 3 Min. noch nicht zum Flusse brachte. Mit einem Collectivglase von $8\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und 1 Fufs 10 Zoll 8 Lin. Brennweite gab sie einen Brennraum von 8 Lin. Durchmesser, in welchem Eisen auf einer Kohle fast sogleich schmelzte; das Eisen gab einen brennenden Rauch von sich, der unten als wahre Flamme erschien, und verwandelte sich endlich in verglafste Schlacke. Platin kam zwar nicht ganz zum Flufs, rauchte aber, und vereinigte sich in eine Masse. Schon an dem Orte des Strahlenkegels, wo das Collectivglas stand, wo doch der Kegel noch 10 Zoll breit war, fand man die Hitze so stark, dafs ein darüber gelegtes Brett oft anbraunte, und zwar mehr am

1 Mém. de Paris. 1774. p. 62.

Rande des Strahlenkegels als in der Mitte. Brisson schliefst aus diesem letztern Umstande, die am Rande der Linse durchgehenden Strahlen gäben mehr Hitze, was sich aus dem Verlust an Wärme beim Durchgehen der Strahlen durch dicke Massen allenfalls erklären liefse. Wahrscheinlicher ist es indefs, dafs dieses von der minder brechbaren, und daher am Rande des Lichtkegels befindlichen gelben (und rothen) Strahlen herrührte, in denen, wie eben angegeben ist, die Hitze am stärksten war.

Die ungleiche Heiterkeit der Luft brachte in den Wirkungen eine grofse Ungleichheit hervor; Homberg fand die Wirkungen bei kaltem Wetter stärker. — Legt man die der Hitze auszusetzenden Körper auf ausgehöhlte Kohlen, so findet man die Hitze vorzüglich stark, wozu anfangs die Schwärze der Kohle und nachher ihr Brennen mit beiträgt. Durchsichtige Körper lassen Licht und Wärme durch und werden nicht so stark erhitzt.

Die bei diesen Versuchen von Brisson gebrauchte Linse ist nicht mehr vorhanden; dagegen hat man in Paris jetzt eine andere Linse, wovon Coutelle[1] eine kurze Nachricht giebt, die bei 3 Fufs Durchmesser nur einen Brennraum von 4 Lin. Durchmesser hat, und Platin zu schmelzen und Diamanten zu verbrennen im Stande seyn soll.

In der neuesten Zeit hat Brewster eine Einrichtung, um grofse Brenngläser zu erhalten, vorgeschlagen. Er nennt sie Polyzonal Lenses, vielzonige Linsen, und giebt folgendes von ihnen an[2].

Da das Giefsen und Schleifen sehr grofser Linsen so viele Schwierigkeiten hat und überdies die zu dicke Glasmasse den Durchgang der Strahlen hindert, so hat schon Büffon vorgeschlagen, die Gläser Zonenweise zu schleifen. Er wollte das an einem einzigen Glasstücke zu Stande bringen, und es ist ungewifs, ob er wirklich solche lentilles à échalons zu Stande gebracht hat. Weit leichter ist es, ein grofses Brennglas aus mehrern kleinen zusammen zu setzen. A B stellt ein solches Glas von 4 Fufs Durchmesser dar. Die

Fig. 282. u. 283.

1 Annales de Chimie, LXIX. p. 92.

2 Brewsters Edinburgh philosoph. Journal.

mittlere Linse Nr. 1. hält 18 Zoll Durchmesser und ist von Flintglas: sie wird von der Zone CD, die aus vier zusammengekitteten Segmenten A besteht, umschlossen, daran schliefst sich die aus acht Segmenten zusammengesetzte Zone AB an. Fig. 284 zeigt ein solches Segment. Brewster führt folgende Vorzüge dieser zusammengesetzten Gläser an. 1. Man bedarf nicht so grofser ganz reiner Glasmassen, kann also aus einem grofsen Glasstücke den Theil, der recht rein ist, wählen. 2. Eine zufällige Beschädigung zerstört nicht sogleich das ganze Glas, und ist eher durch ein neues Segment zu ersetzen. 3. Die Abweichung wegen der Kugelgestalt kann gröfstentheils gehoben werden, weil man den Zonen eine solche Lage geben kann, dafs ihre Brennpuncte nahe bei dem Brennpuncte der Mittellinse zusammentreffen. 4. Man kann diese Linsen nach und nach theilweise zu Stande bringen, und sie schon gebrauchen, wenn auch noch nicht alle Stükcke fertig sind. 5. Will man sich zum Schleifen der Segmente kleinerer Schalen bedienen, so kann man jedes einzeln bearbeiten. 6. Wenn die Segmente nicht alle gleiche Brennweite haben, so ist es leicht, sie in den gehörigen Abständen vom Brennpuncte zu befestigen. Eine solche Zonenlinse würde nach Brewster's Meinung eben nicht über 300 Pf. Sterling kosten, wenn ihr Durchmesser 6 Fufs betrüge.

Fig. 284.

Solche Zonenlinsen, die jedoch von nicht so ungemeiner Gröfse sind, hat Fresnel[1] für die Leuchtthürme vorgeschlagen, und Becquey hat sie ausführen lassen. Diese neue Einrichtung der *Leuchtthürme* besteht nämlich darin, dafs man aus linsenförmig geschliffenen Gläsern quadratische Stücke von $27\frac{1}{2}$ Zoll Seite schneidet und acht solcher Brenngläser zu einem achteckigen geraden Prisma verbindet. Der 34 Zoll entfernte Brennpunct aller 8 Linsen fällt in einen einzigen Punct, und hier befindet sich eine hell brennende Lampe, deren Strahlen, weil sie vom Brennpuncte ausgehen, durch eine Linse parallel gebrochen und so ungeschwächt auf grofse Fernen sichtbar werden. Wenn die Lampe nur ein einziger leuchtender Punct wäre, und die Abweichung wegen der Kugelgestalt und der Farbenzer-

1 Bulletin des sciences, pour la société philom. Année 1822. p. 123.

strenung nicht einwirkte, so würden diese Strahlen ganz allein nach den acht, auf die Seitenflächen des Prisma's senkrechten Richtungen fortgehen, und zwischen diesen Richtungen würde man kein Licht erblicken; aber die Gröfse der Lampe bewirkt, dafs das Licht sich in einem Kegel, dessen Winkel an der Spitze 7 Grad ist, ausbreitet. Damit nun aber die dunkeln Zwischenräume minder breit werden, bilden andre acht Linsengläser oberhalb der vorigen eine abgekürzte Pyramide, deren Seite gegen einen Theil jener dunkeln Zwischenräume gewandt sind, diese bringen ebenso parallele Strahlen hervor, die durch Spiegel in horizontaler Richtung zurückgeworfen werden. Durch dieses Hülfsmittel erhält man, obgleich das Licht der letztern acht Gläser schwächer als das der erstern ist, eine solche Ausbreitung der erleuchteten Gegend, dafs die dunkeln Zwischenräume nur doppelt so viel als die erleuchteten Räume betragen, wenigstens wenn die Entfernung nicht über hunderttausend Fufs beträgt. Damit aber das Leuchten der Lampe nicht auf gewisse Gegenden beschränkt sey, hat die ganze Verbindung von Gläsern eine drehende Bewegung um eine durch den Mittelpunct gehende verticale Axe, und man sieht daher in der Ferne bald ein schwaches, durch die obern Gläser hervorgebrachtes, bald ein starkes, durch die Hauptgläser bewirktes Licht, welchem eine kurze Dunkelheit folgt, und dann sich die vorige Erscheinung erneuert. Dieser Wechsel dient zugleich, um dieses Licht von andern Lichtern zu unterscheiden, und den Schiffer zu überzeugen, dafs er wirklich einen Leuchtthurm erblickt. Man hat diese Linsen, theils um sie minder schwer zu machen, theils um ihre Durchsichtigkeit zu vermehren, aus Zonen zusammengesetzt, und Fresnel scheint hierbei noch nicht Brewster, sondern nur Buffon's Vorschlag gekannt zu haben[1]. Die Wirkung einer sehr hell brennenden Lampe ist durch eine solche Linse so grofs, dafs man sie in 17 Lieues Entfernung am Tage mit dem Fernrohr sehen konnte, und sie Abends, eine Stunde nach Sonnenuntergang, mit blofsem Auge eben so hell sah, wie einen nur 5 Lieues entfernten englischen Feuerthurm.

1 Mém. de Paris. 1748. p. 511.

Ich muſs diesen Bemühungen, wirksame Brenngläser zu erhalten, noch eine Bemerkung Herschels[1] beifügen. Die Untersuchung, die er über die Abweichung der Gläser für Strahlen, die mit der Axe parallel einfallen, anstellte, führte ihn zu der Betrachtung, daſs die Zusammensetzung zweier Linsen, wodurch die Focalweite abgekürzt, und eine vollkommnere Concentrirung der Strahlen bewirkt würde, mehr Wirkung thun müsse, als die einer einzigen Linse. Er lieſs eine solche zusammengesetzte Linse nach den von ihm berechneten Dimensionen machen, und glaubte deutlich eine Verstärkung der Wirkung wahrzunehmen. Die von ihm angegebenen Abmessungen verdienten also wohl von Künstlern berücksichtiget zu werden. *B.*

Brennkugel.

Burning Sphere. Unter diesem Namen schlägt Brewster einen Apparat vor[2], der statt eines sehr starken Brennglases gebraucht werden könnte. Die Linsen A, B, C, D, E von Fig. 285. willkürlichem Durchmesser und Brennweite werden auf einer Kugeloberfläche so vertheilt, daſs ihre Brennpuncte in F zusammentreffen. Die Planspiegel PQ, RS, und ebenso TU, VW sind so angeordnet, daſs sie die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Linsen werfen. So bringen also die sämmtlichen Linsen vereinigt im Centro der Kugel eine groſse Hitze hervor. Hier geht nun freilich bei der Zurückwerfung ein bedeutender Theil der Wärme verloren, indeſs ersetzt dagegen die Zahl der Linsen diesen Abgang; und da man kleine Linsen von schönerem Glase als groſse erhalten kann, so giebt dies der Brennkugel einen Vorzug. Dazu kommt, daſs die Abweichung wegen der Kugelgestalt und die Farbenzerstreuung bei diesen kleineren Linsen geringer ist, als bei einer groſsen, und daſs bei der geringen Focalweite die Strahlen in einen engern Raum concentrirt werden. *B.*

Brennlinie.

Linea caustica; Courbe caustique; *caustic Line.* Lichtstrahlen, die von einem Puncte ausgehen, werden von

1 Phil. Trans. for 1821. p. 247.
2 Edinb. philos. Journ. Nro.

einer krummen Fläche nur in den seltensten Fällen so zurückgeworfen, daſs sie sich in einem *einzigen* Puncte vereinigen, sondern in den meisten Fällen haben zwei einander nahe, zurückgeworfene Strahlen einen Durchschnittspunct, zwei andre einander nahe Strahlen einen *andern* Durchschnittspunct, so daſs sich eine *ganze* Reihe solcher Puncte ergiebt, aus deren Vereinigung die *Brennlinie* entsteht. Man sieht diese Brennlinien sehr häufig; zum Beispiel, wenn Licht auf die innere polirte Seite eines hohlen Cylinders fällt, so sieht man auf dem Boden desselben eine erleuchtete Linie, deren Gestalt nach der Lage des leuchtenden Punctes verschieden ist, diese ist die Brennlinie. Auf ganz ähnliche Weise kommen auch bei durchsichtigen Körpern, wenn sie die Lichtstrahlen nicht genau in einem Puncte vereinigen, Brennlinien vor. Jene nennt man *katakaustische*, diese *diakaustische* Brennlinien.

Fig. 286. Um von der geometrischen Bestimmung der Brennlinien einen Begriff zu geben, mag folgendes dienen. Es sey AB eine gegebene krumme Linie, auf welche Lichtstrahlen, die von D ausgehen, DE, DF auffallen. Wenn die Linie der Durchschnitt eines Spiegels ist, so werden diese Strahlen von ihr so zurückgeworfen, daſs einfallende und zurückgeworfene Strahlen mit der Normallinie gleiche Winkel machen, ist also EM die Normallinie in E und MEL = DEM, so ist EL der zurückgeworfene Strahl, dessen Lage sich vollkommen bestimmen läſst. Bestimmt man auf eben diese Weise die Lage des Strahles FL, der von einem sehr nahe bei E liegenden Puncte F zurückgeworfen wird, so ergiebt sich der Durchschnittspunct L beider Strahlen, und dieser ist ein Punct in der Brennlinie, deren einzelne Puncte daher ziemlich genau gefunden werden, wenn man eine Reihe auffallender und zurückgeworfener Strahlen zeichnet.

Fig. 287. Hier ist F der lichtaussendende Punct im Umfange eines Kreises angenommen, und die Strahlen fallen auf diesen Kreis, dessen Mittelpunct C ist, auf, und werden zurückgeworfen. Fa, Fb, Fc, Fd, Fe, Ff, Fg, Fh, sind einfallende Strahlen, Ca, Cb, Cc, Cd, Ce, Cf, Cg, Ch, Normallinien, $a\alpha$, $b\beta$, $c\gamma$, $d\delta$, $e\varepsilon$, $f\zeta$, $g\eta$, $h\eta$, sind zurückgeworfene Strahlen, und α der Durchschnittspunct des ersten und zwei-

ten, β der Durchschnittspunct des zweiten und dritten und so weiter, γ, δ, ε, ζ, η bezeichnen hier ungefähr den Lauf der Brennlinie. Eigentlich sollten hier die Puncte a, b, c einander viel näher genommen werden, und so wie man den Kreis als ein Polygon von unendlich vielen Seiten ansieht, so wird hier die Brennlinie durch die Durchschnittspuncte unendlich vieler Strahlen bestimmt, die von unendlich nahen Puncten zurückgeworfen, jeder den ihm nächst liegenden schneiden [1].

Die Brennlinie ist zugleich diejenige, welche alle einzelnen zurückgeworfenen Strahlen aα, bβ, cγ, u. s. w. berührt, und daher stellt sie sich bei der analytischen Untersuchung als das besondre Integral dar, welches der für alle einzelnen zurückgeworfenen Strahlen geltenden Differentialgleichung Genüge thut, ohne in dem durch eine unbestimmte beständige Gröfse vollständig dargestellten Integrale (welches den Ausdruck für die Lage aller einzelnen zurückgeworfenen Strahlen enthält) mit begriffen zu seyn [2].

Dafs da, wo mehrere auf einander folgende Lichtstrahlen sich schneiden, mehr reflectirtes Licht vereiniget und deshalb ein hellerer Punct sichtbar wird, läfst sich leicht erachten, und daher stellen sich die Brennlinien, wenn man sie durch auffallendes Licht hervorbringt, als glänzend dar. Die Erleuchtung ist aber in verschiedenen Puncten der Brennlinie ungleich und läfst sich photometrisch auf folgende Weise vergleichen. Das gesammte auf dem Bogen ac auffallende Licht wird ungefähr zwischen $\alpha\beta$, das gesammte auf bd auffallende Licht wird auf $\beta\gamma$, das auf ce auffallende wird auf $\gamma\delta$, das aus df, eg, fh auffallende wird in $\delta\varepsilon$, $\varepsilon\zeta$, $\zeta\eta$ vereiniget. Sind nun die Bogen ac, bd, ce, df, eg, fh gleich, so wird die Intensität des Lichtes in $\zeta\varepsilon$ um so stärker in Vergleichung gegen die Intensität des Lichtes in $\alpha\beta$ seyn, je kleiner $\varepsilon\zeta$ gegen $\alpha\beta$ ist, oder die Intensität ist der Länge des Bogens auf der Brennlinie umgekehrt pro-

1 Beispiele solcher kaustischen Linien pflegt man in der höhern Geometrie zu betrachten. z. B. Brandes Lehrbuch der höhern Geom. 1. Th. §. 467. 487.

2 Brandes höhere Geometrie. 2 Thl. §. 205.

portional, wenn diese Länge so bestimmt wird, daſs sie die von gleichen Bogen der Hauptcurve zurückgeworfenen Strahlen umfaſst. Deshalb ist in dem dargestellten Beispiele die Brennlinie bei η am glänzendsten.

Für die durch Brechung entstehenden Brennlinien finden ganz ähnliche Betrachtungen statt, nur muſs man da die *gebrochenen* Strahlen so zeichnen, ihre Durchschnittspuncte bestimmen, u. s. w., wie wir es hier für die zurückgeworfenen thaten [1].

Daſs aus diesen, in *einer* Ebene bestimmten Brennlinien durch ganz gleiche Betrachtungen Flächen hervorgehen, wenn man die ganze Oberfläche sphärischer und anderer Spiegel berücksichtiget, ist offenbar. *B.*

Brennpunct.

Focus; Foyer; *Focus*, ist bei Hohlspiegeln und Linsengläsern derjenige Punct, in welchem parallel mit der Axe auffallende Strahlen sich vereinigen, wo sie also das Bild des Gegenstandes, von welchem sie ausgehen, darstellen, und wenn dieser ein Wärme ausstrahlender ist, zugleich Hitze hervorbringen.

Der Raum, in welchem die Strahlen sich sammeln, ist schon wegen der durch die Kugelgestalt hervorgebrachten Abweichung und bei Gläsern noch mehr wegen der ungleichen Brechung der Farbenstrahlen kein Punct [2], selbst wenn der Gegenstand, welcher die Strahlen aussendet, ein Punct ist; für Gegenstände von merklicher scheinbarer Gröſse wird das von jedem Puncte des Gegenstandes ausgehende Licht in einem andern Puncte vereinigt, und dadurch das *Bild* des Gegenstandes, und die Gröſse des *Brennraumes* [3] bestimmt. Der eigentliche Brennpunct im strengen Sinne ist der Vereinigungspunct derjenigen, Strahlen, welche parallel mit der Axe und zugleich sehr nahe bei der Axe einfallen.

---

1 De la Rive sur les courbes caustiques. Genève. 1824. (ein Buch, das ich noch nicht gesehen habe) scheint hierüber sehr vollständige Untersuchungen zu enthalten.

2 Vergl. *Abweichung*.

3 Vergl. *Brennraum*.

Der parabolische Hohlspiegel hat, da hier nur von Strahlen, parallel mit der Axe, die Rede ist, im strengsten Sinne einen *Brennpunct*, weil auch die entfernter von der Axe parallel mit ihr einfallenden Strahlen sich in einem einzigen Puncte vereinigen. Wollte man bei Linsengläsern dies bewirken, so müſste man ihre Oberflächen nicht sphärisch bilden[1]; aber damit würde man doch nur erreichen, daſs die Strahlen von bestimmter Brechbarkeit, (z. B. die gelben) genau in einem Puncte vereinigt würden, und für alle verschiedenenfarbigen Strahlen, läſst es sich nicht durch eine einfache Linse erreichen.

Diese Brennpuncte, welche Hohlspiegeln und convexen Linsengläsern angehören, sind *wirkliche* Brennpuncte (*foci physici* s. *actuales*); dagegen werden die Strahlen von convexen Kugelspiegeln so zurückgeworfen, und von concaven Gläsern so gebrochen, daſs sie von einem Puncte auszugehen scheinen, der nahe hinter der Oberfläche des Spiegels oder nahe vor dem Glase liegt. Ein solcher Punct heiſst ein *eingebildeter* Brennpunct (*focus geometricus* s. *virtualis*) oder ein *Zerstreuungspunct*, die Strahlen kommen nicht wirklich von ihm her, sondern ihre nach der Zurückwerfung oder nach der Brechung erlangten Richtungen durchschneiden sich, rückwärts verlängert, in demselben.

Auch der *Ellipse*, *Parabel*, und *Hyperbel* legt man Brennpuncte bei. Bei der Parabel ist der Brennpunct ein Punct in der Hauptaxe, welcher die Eigenschaft hat, daſs alle von ihm ausgehenden, an irgend einen Punct der Parabel gezogenen Radien, mit der Tangente an diesem Puncte eben so groſse Winkel machen, als der zwischen der Tangente und mit der Axe parallelen Linie eingeschlossene Winkel ist. In der Ellipse liegen beide Brennpuncte auf der Hauptaxe, in gleichen Entfernungen vom Mittelpuncte; zieht man von beiden Brennpuncten Radien nach irgend einem Puncte auf dem Umfange der Ellipse, so schlieſsen beide Radien mit der Tangente an diesem Puncte gleiche Winkel ein. In der Hyperbel findet genau eben das, wie bei der Ellipse statt, nur mit dem Unterschiede, daſs in der

---

1 Descartes. Dioptr. C. 8. Newtoni Principia Lib. 1. Prop. 97. 98.

Ellipse sich beide Radien an der *concaven* Seite des Bogens befinden, statt dafs in der Hyperbel der eine an der concaven, der andre an der convexen Seite liegt, oder diese Radien ihre gleichen Winkel mit der Tangente an den verschiedenen Seiten der Tangente bilden. Lichtstrahlen, die vom *einen* Brennpuncte der Ellipse ausgehen, werden, wenn die Ellipse ein Spiegel ist, im *andern* Brennpuncte vereinigt; Lichtstrahlen, die parallel mit der Axe der Parabel auffallen, werden im Brennpuncte vereinigt. Lichtstrahlen, die vom einen Brennpuncte der Hyperbel ausgehen, werden, wenn die Hyperbel *ein* Spiegel ist, so zurückgeworfen, als wenn sie alle vom andern Brennpuncte ausgingen.

Im Sonnensystem steht die Sonne im Brennpuncte aller Planetenbahnen und Kometenbahnen. *B.*

Brennraum.

Focus, Foyer; *Focus*. Wenn auch die Spiegel und Gläser nicht einer Unvollkommenheit bei der Sammlung der Strahlen, nämlich der Abweichung wegen der Gestalt und wegen der Farbenzerstreuung, *unterworfen* wären, so würde dennoch, wenn man die Sonnenstrahlen auf den Brennspiegel oder das Brennglas fallen läfst, der Raum, in welchem die Hitze entsteht, kein Punct seyn, sondern wegen des scheinbaren Durchmessers der Sonne einen bestimmten Durchmesser haben. Dieser Raum heifst nun der Brennraum, und da er eben die Gröfse hat, welche wir bei Gegenständen, die blofs dem Gesicht dargestellt werden, das Bild des Gegenstandes nennen, so wird die Gröfse des Brennraumes eben so bestimmt [1]. Da blofs von der Sonne beim Brennen mit Brennglas und Brennspiegel die Rede ist, so hat der Winkel LCM, wenn AC ein vom Mittelpuncte der Sonne, BC ein vom Rande der Sonne kommender Sonnenstrahl ist, die Gröfse, welche dem scheinbaren Halbmesser der Sonne gleich ist, und wenn die Brennweite $CM = f$ heifst, so ist $ML = f. \text{Tang.}\ 16'$ der Halbmesser des Brennraums, weil der scheinbare Halbmesser der Sonne immer we-

Fig. 288.

1 Vergl. *Bild*.

nig von 16′ verschieden ist. Da nun Tang. 16′ $= 0{,}00465 = \frac{1}{216}$ ist, so giebt man den Halbmesser des Brennraums gleich dem 216tel der Brennweite an.

Hierauf gründet sich auch eine Regel, um die Intensität der Wärme im Brennpuncte zu bestimmen. Da alle die Strahlen, welche auf das Glas auffielen, jetzt im Brennraume vereinigt sind, so ist die Intensität der Wärme im Brennraume zu der Intensität der auf das Glas auffallenden Wärme im umgekehrten Verhältniſs der Räume, worauf die Wärme ausgetheilt ist, also die Intensität im Brennraume $= \frac{D^2}{(\frac{1}{108})^2 . f^2}$, wenn sie für das auffallende Licht $= 1$ und D der Durchmesser des Glases ist. Sie verhält sich also direct wie die Gröſse des Brennglases oder Brennspiegels, und umgekehrt, wie das Quadrat der Brennweite.

Wenn man auf die Abweichung, vermöge welcher das von einem Puncte ausgehende Licht nicht genau in einem Puncte vereinigt wird, Rücksicht nimmt, so würde, was zuerst die Abweichung wegen der Gestalt der Gläser oder Spiegel betrifft, die Brennlinie den Brennraum bestimmen, und die bei der Brennlinie erwähnten Untersuchungen über die Stärke des Lichts in jedem Puncte derselben müſsten bei der Berechnung der Intensität beachtet werden. Wollte man aber auch auf die ungleiche Brechbarkeit der Farbenstrahlen und auf die vielleicht von diesen noch verschiedene Brechbarkeit der Wärmestrahlen Rücksicht nehmen, so würde die Untersuchung noch weitläuftiger werden, und vorzüglich von der noch nicht ganz genau beantworteten Frage [1], wie die Wärme im Farbenbilde der Sonne vertheilt sey, abhängen. *B.*

Brennspiegel.

Speculum ustorium s. *causticum*; Miroir ardent; *Burning Speculum* sind Hohlspiegel, die die Sonnenstrahlen in einem engen Raum vereinigen und dadurch groſse Hitze hervorbringen.

Der *parabolische* Hohlspiegel vereinigt die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen genau in einem Puncte;

1 Vergl. Art. *Licht*.

der sphärische Hohlspiegel vereiniget wenigstens die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen so genau, dafs nahe um den Punct, welcher der *Brennpunct* heifst, die Strahlen hinreichend verdichtet werden, um grofse Hitze hervorzubringen. Die sämmtlichen Sonnenstrahlen, die freilich nie in einem einzigen Puncte vereinigt werden können, da die Sonne eine erhebliche scheinbare Gröfse hat, bringen, vereinigt in dem Brennraume dieser Spiegel, oft die heftigste Hitze hervor, die hier, wie bei dem Brennglase, desto gröfser ist, je gröfser der Spiegel und je kleiner der Brennraum ist. Aufser diesen Hohlspiegeln hat man auch Zonen hohler Kegelflächen zu Brennspiegeln vorgeschlagen, und Lambert hat damit wirklich gezündet [1].

Die vortheilhafteste Stellung, die man einem Brennspiegel geben mufs, damit er grofse Hitze hervorbringe, ist die, wo die Sonnenstrahlen mit der Axe parallel einfallen; aber dann liegt sein Brennpunct zwischen ihm und der Sonne, und er ist deshalb unbequemer zu gebrauchen, als das Brennglas.

Die Brennspiegel sind den Alten schon bekannt gewesen. In der dem Euklides zugeschriebenen Katoptrik ist ausdrücklich gesagt, dafs Hohlspiegel gegen die Sonne gekehrt, zünden; Plutarch führt im Leben des Numa an, dafs die Vestalischen Jungfrauen sich einer Art Brennspiegels zum Anzünden des heiligen Feuers bedienten; Plinius scheint diese Erscheinung des Zündens mit Brennspiegeln als sehr bekannt angesehen zu haben [2]. Die wichtigste Erzählung aus dem Alterthume, welche den Gebrauch der Brennspiegel betrifft, ist die, dafs Archimedes sich ihrer zur Zerstörung der römischen Flotte vor Syracus bedient habe. Da diese Nachricht nur in späteren Schriftstellern vorkommt, und Polybius und Livius nichts davon erwähnen, so hat man lange gezweifelt, ob man den Erzählungen des Zonaras und Tzetzes, die sich freilich auf ältere, jetzt nicht mehr vorhandene Schriftsteller berufen, und den allgemeinen Glauben an diese Erzählung für sich haben, glauben dürfe.

1 Comment. acad. Theod. Palatinae. Vol. IV. Phys. pag. 385. und Mémoires de Berlin. 1770. p. 51.

2 Diese und mehrere Stellen führt v. Capelle an.

Mit Sicherheit wird sich, wenn nicht noch ein den Zeiten jenes Ereignisses mehr gleichzeitiger Schriftsteller wieder aufgefunden wird, wohl nie hierüber entscheiden lassen; indeſs hat VAN CAPELLE, der [1] alle Nachrichten verglichen und über die Kenntnisse der Alten von den Brennspiegeln genaue Untersuchungen angestellt hat, gezeigt, daſs die Erzählung wahrscheinlich richtig sey, und die Geschichtschreiber vielleicht nur darum nichts davon erwähnen, weil der den Römern zugefügte Schade, (da sie die Schiffe leicht aus dem Brennpuncte entfernen konnten,) vermuthlich viel unerheblicher war, als der, welchen ARCHIMEDES ihnen durch seine mechanischen Vorrichtungen zufügte. Nach TZETZES Erzählung hat man geschlossen, daſs ARCHIMEDES die Wirkung durch mehrere verbundene ebene Spiegel hervorgebracht habe, und wenigstens hat schon ANTHEMIUS und in viel späterer Zeit KIRCHER die Möglichkeit eines aus ebenen Spiegeln zusammengesetzten Brennspiegels gezeigt [2]. VON BUFFON hat den Beweis, daſs man mit ebenen Spiegeln die heftigste Hitze bewirken könne, am vollständigsten geführt [3], indem er Glasspiegel 6 Zoll hoch und 8 Zoll breit, 168 an der Zahl, durch Charniere mit einander verband, und sie so stellte, daſs alle oder eine groſse Menge derselben das Sonnenbild auf einen Punct hin warfen. Hiedurch konnte er in verschiedenen Entfernungen von 20 Fuſs, 30 Fuſs, 150 Fuſs, groſse Hitze erregen. Er entzündete zum Beispiel mit 40 Spiegeln in 50 Fuſs Entfernung ein getheertes büchenes Brett; schon 12 Gläser reichten hin, um in 20 Fuſs Entfernung leichter brennbare Sachen in Brand zu stecken; ein anderes Mal wurde mit 117 Gläsern Silber geschmolzen, mit 128 Gläsern auf 150 Fuſs Entfernung ein getheertes tannenes Brett angezündet u. s. w. Bei dieser Einrichtung war auch das bequem, daſs man noch eine hinreichende Wirkung erhielt, wenn man auch den Brennpunct nicht zwischen die Spiegel und die Sonne, sondern in einige Entfernung seitwärts

---

1 Verhandl. van de Maatschappy te Haarlem. 7 Deel und G. LIII. 274. der alles, was von Brennspiegeln vorkommt, gesammelt hat.

2 Vergl. van Capelle am ang. Orte.

3 Mém. de Paris 1747. p. 83. 1748. p. 505.

brachte. Hierdurch ist die Möglichkeit dessen, was Archimedes geleistet haben soll, erwiesen, und da Archimedes von Brennspiegeln geschrieben hat, so gewinnt die Erzählung an Wahrscheinlichkeit [1]. Eine ähnliche Anwendung der Brennspiegel gegen die Flotte des Vitalianus vor Constantinopel (514 *nach* Chr. G.) wird dem Proclus zugeschrieben.

Im siebzehnten Jahrhundert haben sich mehrere Künstler durch Verfertigung grofser Brennspiegel hervorgethan. Unter ihnen zeichnetsich Vilette aus, der mit einem Brennspiegel von nur 30 Zoll Durchmesser und 3 Fufs Brennweite die schwerflüssigsten Metalle zum Schmelzen brachte, und Schmelztiegel, Erde und Steine verglasete [2]. Tschirnhausen liefs aus einer dicken Kupferplatte einen Spiegel von 6 Fufs Durchmesser und 4 Fufs Brennweite verfertigen [3], der Holz in volle Flammen setzte, der selbst Silber schmelzte, eiserne und kupferne Bleche durchlöcherte, Ziegel und Erden verglasete u. s. w.

Um wohlfeilere Brennspiegel zu haben, sind von mehreren verschiedene Vorschläge gethan. Man solle von Holz einen Theil einer Hohlkugel ausarbeiten und mit einer Vergoldung versehen; oder [4] auf einer Form von Lehm ein Kugelsegment von Pappe bilden und vergolden; oder man solle in ein hölzernes hohles Kugelsegment belegte Spiegelgläser einsetzen, die vereinigt beinahe die Wirkung eines sphärischen Spiegels haben würden, oder man solle [5] aus Spiegelgläsern kreisrunde Stücke schneiden und durch einen Druck, den man vermittelst Schrauben auf die Mitte ausübte, ihnen eine Krümmung geben u. s. w.

Eine wichtige Anwendung ist in neuern Zeiten von den Brennspiegeln bei Leuchtthürmen gemacht worden. Da

---

1 Vergl. Oetinger. Praes. G. B. Bülfinger de Speculo Archimedis cet. Tub. 1725. 4.

2 Montucla hist. des Math. II. p. 513. und Philos. Transact. for 1665. p. 95.

3 Acta Erud. Lips. 1687. p. 52.

4 Krünitz Encyclop. Th. 6. S. 622.

5 nach Buffons Angabe, der mit solchen Scheiben von 3 Fufs Durchmesser auf 30 bis 60 Fufs Entfernung zündete. Mém. de Paris. 1748. p. 306.

nämlich die Lichtstrahlen einer im Brennpuncte des Brennspiegels stehenden Lampe so zurückgeworfen werden, daſs sie unter sich und mit der Axe parallel fortgehen, so wird die hervorgebrachte Erleuchtung nicht mehr so erheblich bei zunehmender Entfernung abnehmen, sondern, wenn man den Lichtverlust in der Atmosphäre gar nicht zu beachten brauchte, und das gesammte Licht der Lampe aufs genaueste im Brennpuncte des parabolischen Spiegels vereinigt wäre, so müſste das Licht ungeschwächt bis zu den gröſsesten Entfernungen hingelangen. Die zu diesem Zwecke angewandten Brennspiegel kann man daher nach Lambert[1] Lichtträger, Porte-Lumière, nennen, oder Reverberen. Welche Vortheile es bei ihnen gewährt, das Licht der Lampe in einen möglichst kleinen Punct zu concentriren, haben Charles de Rossel und Arago gezeigt[2]. Sie konnten die Lenoirschen Reverberen auf 7 Lieues oder 80000 Fuſs weit mit bloſsem Auge, einem Sterne erster Gröſse gleich sehen; aber schon wenn das Auge sich in einer Stellung 3 Grad von der Richtung der Axe befand, ward das Licht so schwach, daſs es kaum ohne Fernrohr zu erkennen war. Wenn man daher den Leuchtthurm nach ausgedehntern Gegenden nützlich machen will, so muſs man entweder dem Spiegel eine Drehung mittheilen, damit er das Licht nach und nach zu verschiedenen Puncten hinwerfe, oder man muſs so viele Reverberen anbringen, daſs jede nur etwa 6 Grade zu erleuchten braucht.

B.

Brennweite.

Distantia foci; Distance du foyer; *focal distance;* ist der Abstand des Brennpunctes von der Mitte des Brennglases oder Brennspiegels. Sie wird gefunden, indem man den Vereinigungspunct der parallel mit der Axe, und zugleich sehr nahe an der Axe einfallenden Strahlen sucht. — In den Artikeln *Hohlspiegel* und *Linsengläser* sind die Regeln zur Bestimmung der Brennweite angegeben, deren Resultate ich nur hieher setze. Der Brennpunct des *para-*

1 Lambert Mém. de Berlin. 1770. p. 51.

2 Annales de Chimie. XCVI. 69.

dem Brennpuncte der Parabel,
Spiegel entsteht, zusammen.
hlspiegel ist sie gleich dem
, wovon der Spiegel ein Theil
an beiden Seiten convex sind,
ite zum Radius der einen Ober-
ern Oberfläche zur Summe bei-
ennweite $= \frac{2 r \varrho}{r + \varrho}$, wenn man
Verhältnifs der Sinus für Ein-
kel, wie 3 zu 2 ist, und die
n r und ϱ heifsen. Nimmt man
ht bei allen Glasarten gleich ist,
Brennweite $= \frac{n r \varrho}{(m - n)(r + \varrho)}$.
öfter vorkommen, verdienen
beide Oberflächen Theile glei-
$r = \varrho$, so ist die Brennweite
wenn $\frac{m}{n} = \frac{3}{2}$ ist; 2. wenn ei-
∞, welches die Brennweite
wenn $\frac{m}{n} = \frac{3}{2}$ ist. Für den
$= \frac{n r \varrho}{(m - n)(r - \varrho)}$, und ϱ ist
nen Fläche, r der Halbmesser
caven Gläsern, und auch bei
der Halbmesser der convexen
en ist, giebt es keine Vereini-
er wird der Ausdruck für die
Formeln setzen voraus, dafs
nge sey; sie gelten daher nicht
eite der Glaskugel von ihrer
chnet, ist gleich dem halben

lie Brennweite gab schon KEPLER
e Regel soll Cavalleri entdeckt ha-

Halbmesser, oder der Brennpunct ist für
$\frac{3}{2}$ r vom Mittelpuncte entfernt. Die allg
Kugeln aus irgend einer Materie ist, A
punctes von der Oberfläche der Kugel =

Wenn man durch Beobachtung der
Linsenglases finden will, so mufs man
mit der Axe des Glases parallel einfalle
das Sonnenbild auf einer senkrecht gegen
Ebene auffangen. Da wo das Sonnenb
hellsten ist, liegt der Brennpunct. Ma
durch bestimmen, dafs man auf ganz
Bilder näherer Gegenstände auf einer b
haltenen Fläche, die gegen die Axe sen
Mifst man dann den Abstand des Geg
Glase, und den Abstand des Bildes = f

$$f = \frac{n b r \varrho}{(m - n) b (r + \varrho) - n \ldots}$$

und die Brennweite $\varphi = \frac{\ldots}{(m - \ldots}$

also $f = \frac{b \varphi}{b - \varphi}$, oder $\varphi = \frac{b f}{b + \ldots}$

die Brennweite wird also aus der Entf
funden. Eigentlich giebt es für jede Ar
bei Brenngläsern einen eignen Brennp
Brennweite. Der Brennpunct der rot
entferntesten, der Brennpunct der violet
sten, so wie es der für jede Art von
Werth des Verhältnisses m : n ergiebt.

Brillen.

Perspicilla; Lunettes ou besicles
die Gläser, deren man sich bedient, u
sichtigkeit nahe Gegenstände, und b
keit entfernte Gegenstände deutlich
beiden verschiedenen Bedürfnisse sin
schieden; man nennt aber beide Arte

1 Vergl. Art. *Linsengläser*, Nr. 4.
2 S. *Linsengläser*.

Halbmesser, oder der Brennpunct ist für die Glaskugel um $\frac{1}{2}$ r vom Mittelpuncte entfernt. Die allgemeine Formel für Kugeln aus irgend einer Materie ist, Abstand des Brennpunctes von der Oberfläche der Kugel $= (n - \frac{1}{2} m)\, r$[1].

Wenn man durch Beobachtung den Brennpunct eines Linsenglases finden will, so muſs man die Sonnenstrahlen mit der Axe des Glases parallel einfallen lassen, und dann das Sonnenbild auf einer senkrecht gegen die Axe gehaltenen Ebene auffangen. Da wo das Sonnenbild am reinsten und hellsten ist, liegt der Brennpunct. Man kann ihn auch dadurch bestimmen, daſs man auf ganz ähnliche Weise die Bilder näherer Gegenstände auf einer hinter dem Glase gehaltenen Fläche, die gegen die Axe senkrecht ist, auffängt. Miſst man dann den Abstand des Gegenstandes = b vom Glase, und den Abstand des Bildes = f, so ist[2]

$$f = \frac{n b r \varrho}{(m - n)\, b\, (r + \varrho) - n r \varrho},$$

und die Brennweite $\varphi = \dfrac{n r \varrho}{(m - n)(r + \varrho)}$

also $f = \dfrac{b \varphi}{b - \varphi}$, oder $\varphi = \dfrac{b f}{b + f}$,

die Brennweite wird also aus der Entfernung des Bildes gefunden. Eigentlich giebt es für jede Art von Farbenstrahlen bei Brenngläsern einen eignen Brennpunct und eine eigene Brennweite. Der Brennpunct der rothen Strahlen ist am entferntesten, der Brennpunct der violetten Strahlen am nächsten, so wie es der für jede Art von Strahlen verschiedene Werth des Verhältnisses m : n ergiebt. *B.*

Brillen.

Perspicilla; Lunettes ou besicles, *Spectacles,* sind die Gläser, deren man sich bedient, um bei zu groſser Fernsichtigkeit nahe Gegenstände, und bei groſser Kurzsichtigkeit entfernte Gegenstände deutlich zu sehen. Für diese beiden verschiedenen Bedürfnisse sind auch die Gläser verschieden; man nennt aber beide Arten von Gläsern Brillen,

---

1 Vergl. Art. *Linsengläser.* Nr. 4.

2 S. *Linsengläser.*

n.

während vor beiden Augen
ten haben für Kurzsichtige,
e denselben Zweck, wer-
vor's Auge gehalten. Die
nsichtigen bedienen, sind
e die von nahen Gegenstän-
hlen so brechen, dafs sie
ge gelangen, als ob sie von
kämen, und dadurch den-
rne gut sehen, nähere Ge-
en. Die Brillengläser für
hen die von entfernten Ge-
so, dafs sie divergirend, als
nen, zum Auge gelangen [1].

B.

n Bandes).

An die

Herren Subscribent[...]

des

physikalischen Wörterbuches v[...]

Neue Ausgabe.

Indem ich hiermit den geehrten Hrn. Subscri[...]
unerwartete zahlreiche Theilnahme bei diesem[...]
meinen schuldigen Dank abstatte, bemerke[...]
dafs zwar der Preis in der Subscriptions-A[...]
den Band von 58 Bogen, nebst den dazu g[...]
fertafeln auf Druckpapier 3 Thlr. 12 Gr. u[...]
papier 4 Thlr. 8 Gr. festgesetzt war; diese[...]
werde ich auch erfüllen. Jedoch hat dieser e[...]
einige der schwierigsten und reichhaltigsten [...]
die bestimmte Bogenzahl um ein Drittel übe[...]
ohne die bedeutende Anzahl von Kupfertaf[...]
zu bringen, sehe ich mich genöthiget, den [...]
nach dem versprochenen Verhältnisse zu er[...]
Band kostet demnach

auf Druckpapier 4 Thlr. 1[...]

und auf Schreibpapier 5 — 1[...]

Werden die bedeutenden Kosten, welche[...]
mung eines solchen Werkes erfordert, wo[...]
Bogenzahl eines jeden Bandes nicht so[...]

An die

Herren Subscribenten

des

physikalischen Wörterbuches von Gehler.

Neue Ausgabe.

Indem ich hiermit den geehrten Hrn. Subscribenten für die unerwartete zahlreiche Theilnahme bei diesem Unternehmen meinen schuldigen Dank abstatte, bemerke ich zugleich, daſs zwar der Preis in der Subscriptions-Anzeige für jeden Band von 58 Bogen, nebst den dazu gehörigen Kupfertafeln auf *Druckpapier* 3 Thlr. 12 Gr. und auf Schreibpapier 4 Thlr. 8 Gr. festgesetzt war; dieses Versprechen werde ich auch erfüllen. Jedoch hat dieser erste Band, der einige der schwierigsten und reichhaltigsten Artikel enthält, die bestimmte Bogenzahl um ein Drittel überschritten, und ohne die bedeutende Anzahl von Kupfertafeln in Anschlag zu bringen, sehe ich mich genöthiget, den Preis desselben nach dem versprochenen Verhältnisse zu erhöhen. Dieser Band kostet demnach

auf Druckpapier 4 Thlr. 16 Gr.
und auf Schreibpapier 5 — 18 —

Werden die bedeutenden Kosten, welche die Unternehmung eines solchen Werkes erfordert, wo im Voraus die Bogenzahl eines jeden Bandes nicht so genau sich be-

ird diese Preiserhöhung nicht
daher unbillige, erscheinen.
nde eine verminderte Bogen-
58 Bogen erhalten, so wird,
erter Preis statt finden.
eit der Bände zu erhalten,
itel beigegeben worden, und
le gebunden werden.

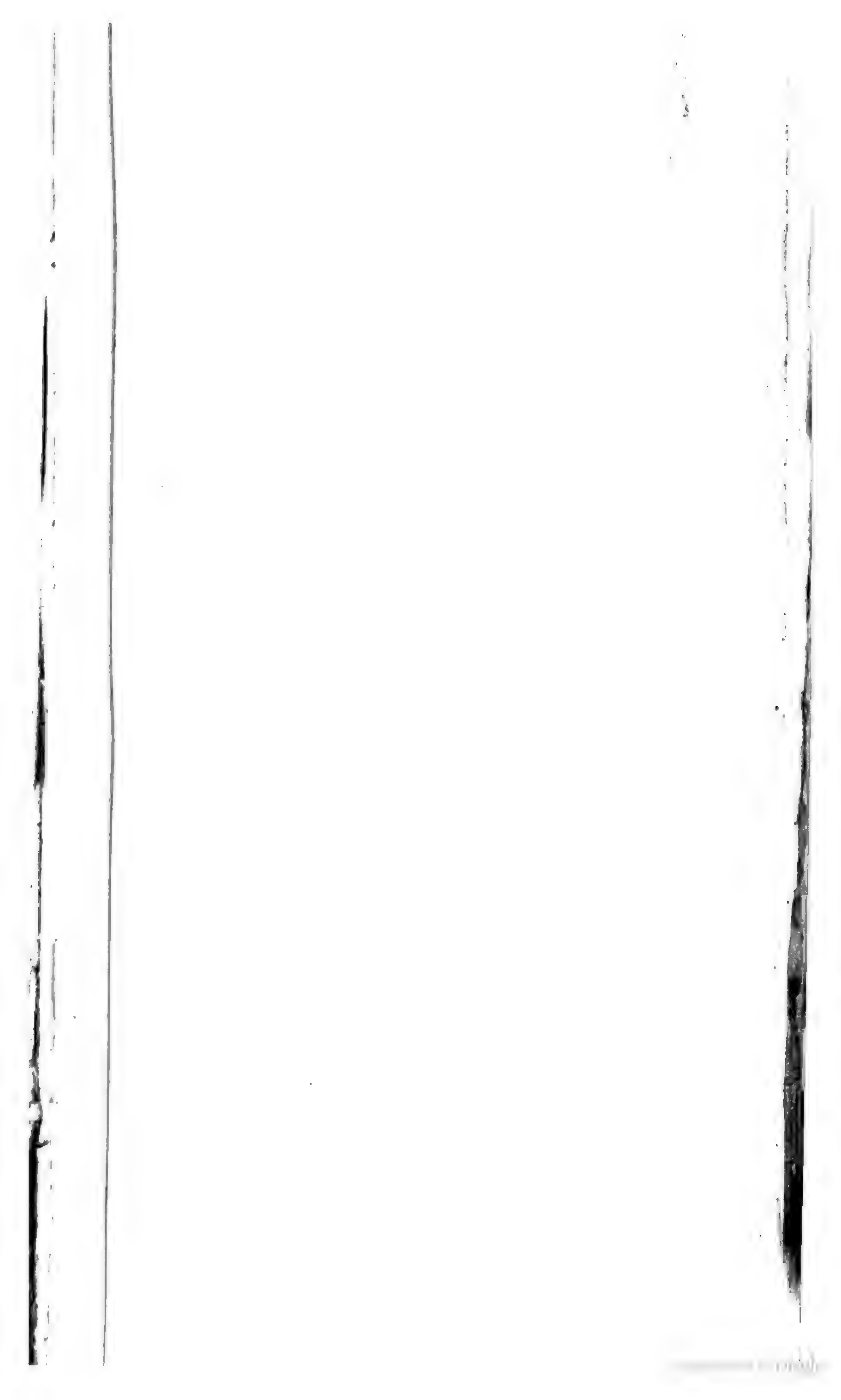
Der Verleger.

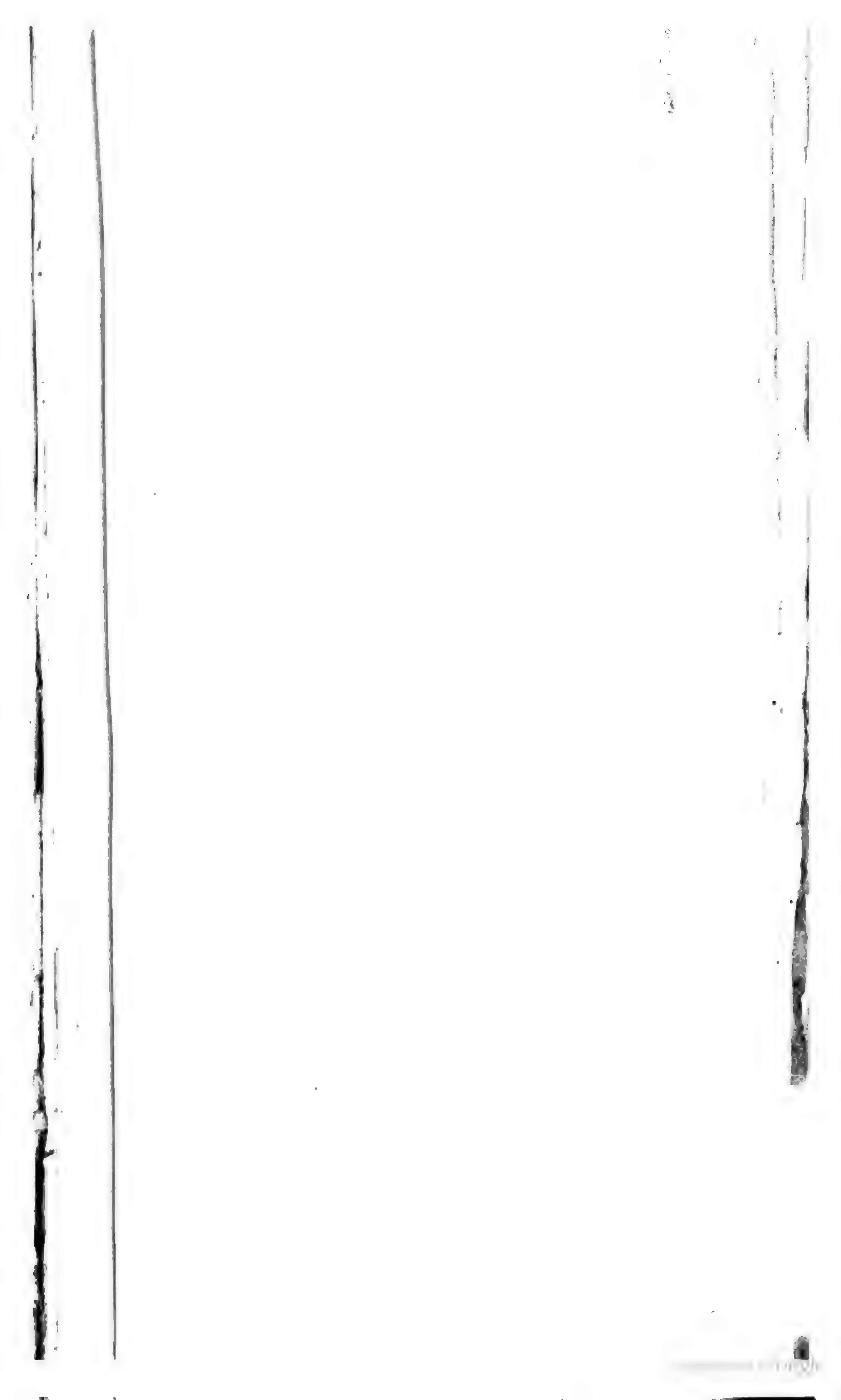
Berichtig

Pagina 881 bis 960 ist aus V
druckt, dagegen fehlt Pag. 801 b
zu bemerken und zu entschuldigen

Berichtigung.

Pagina 881 bis 960 ist aus Versehen doppelt gedruckt, dagegen fehlt Pag. 801 bis 880. was gütigst zu bemerken und zu entschuldigen gebeten wird.





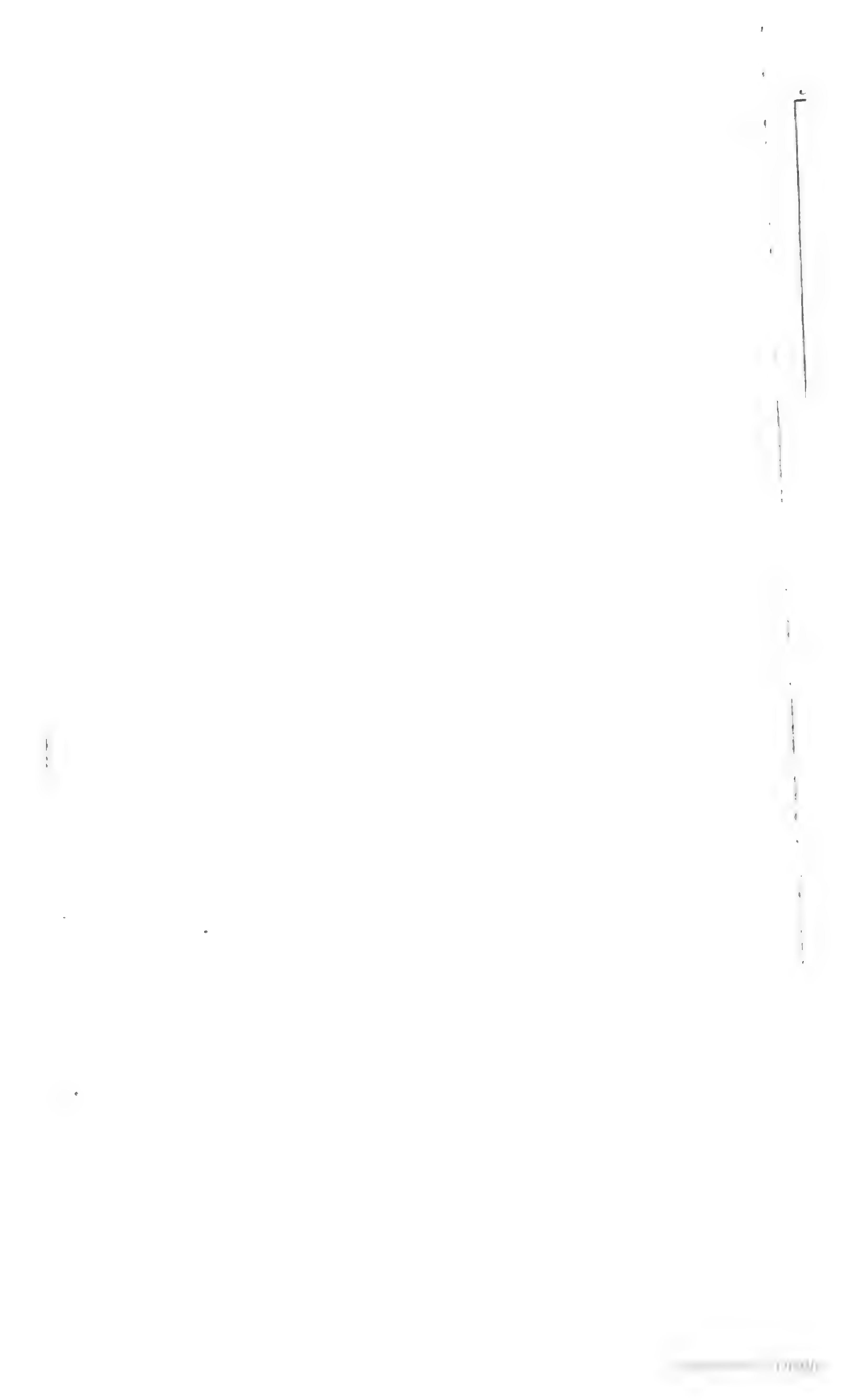


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 21.

Fig. 12.

Fig. 20.

Fig. 13.

Fig. 14.

Dunzinger del.

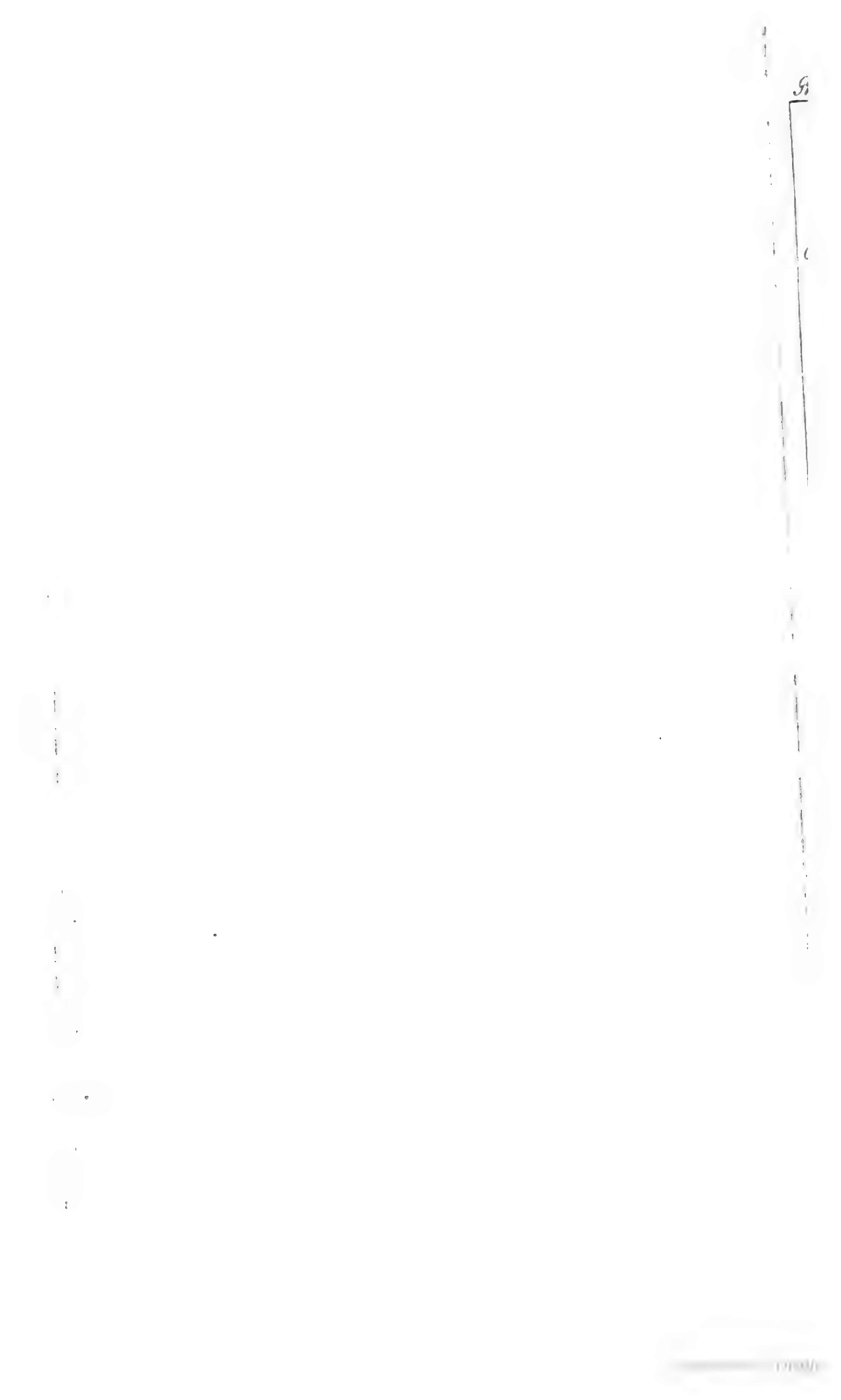


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 21.

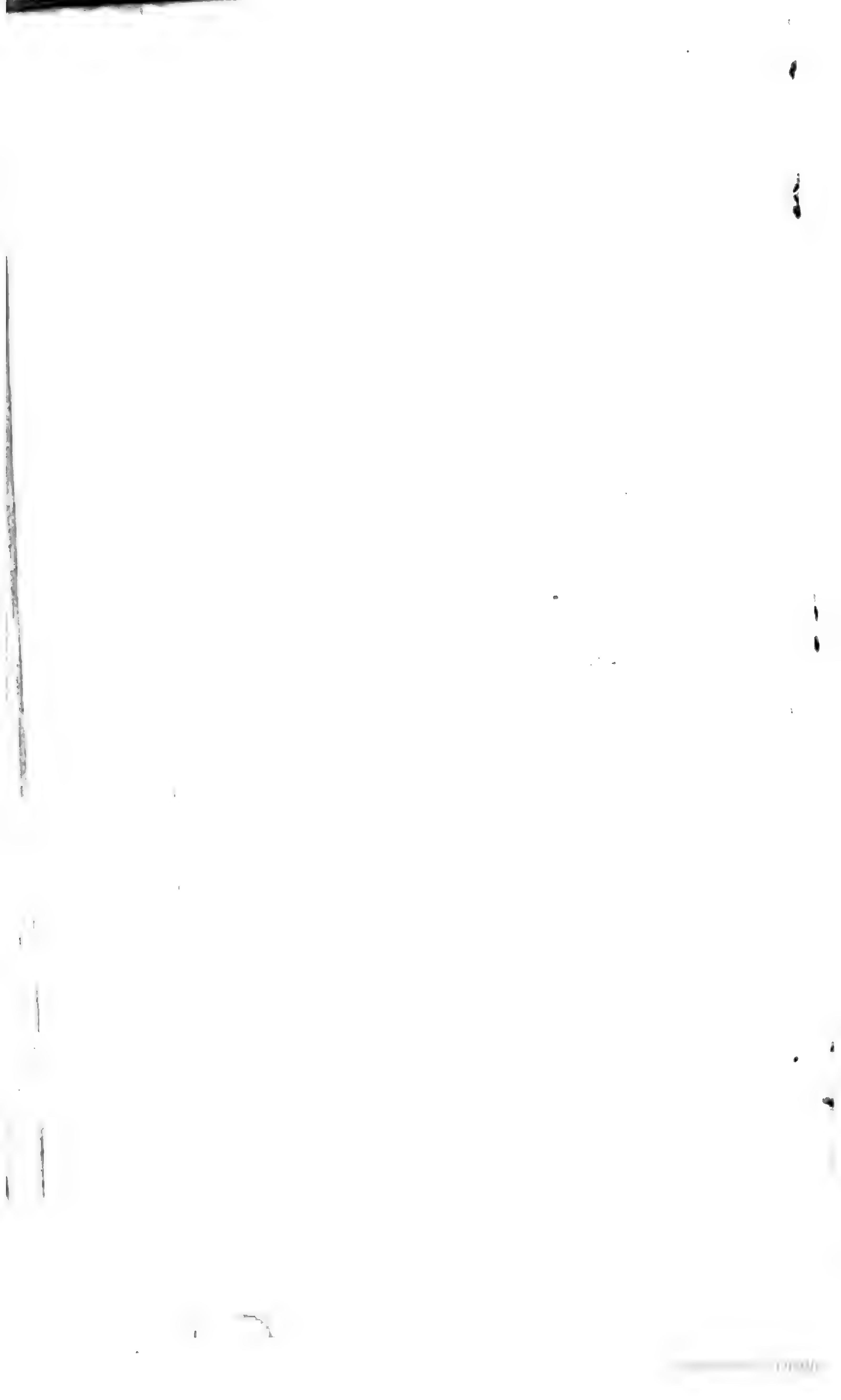
Fig. 12.

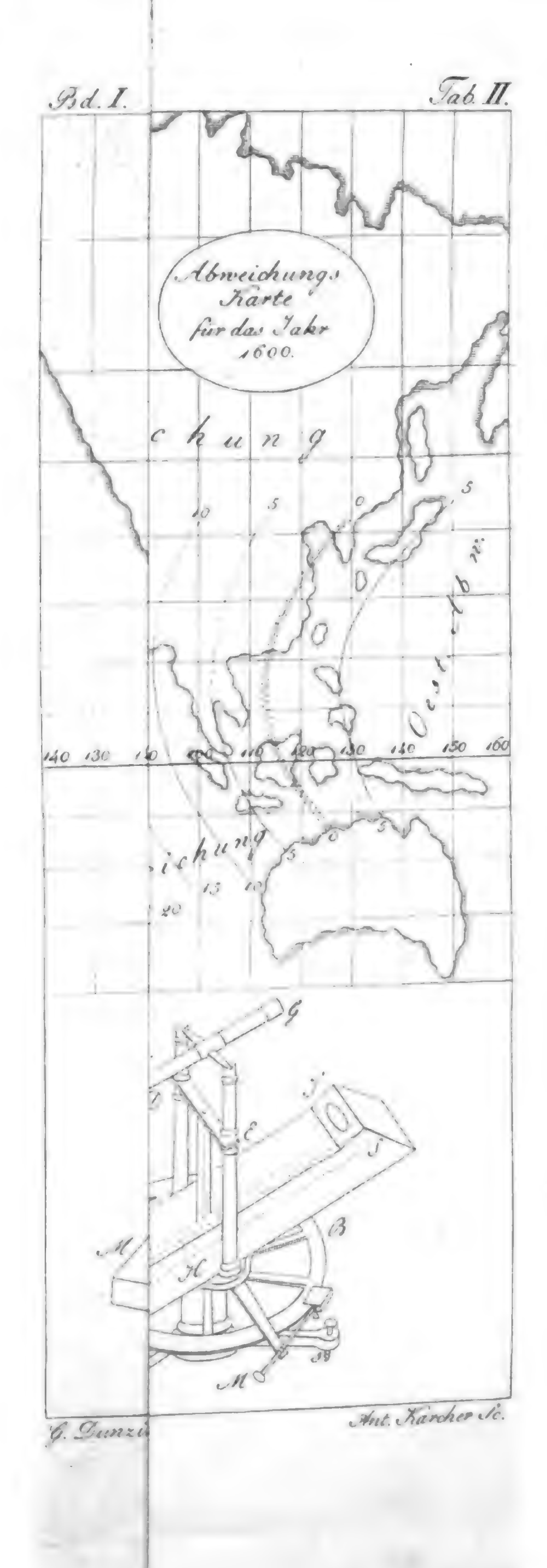
Fig. 20.

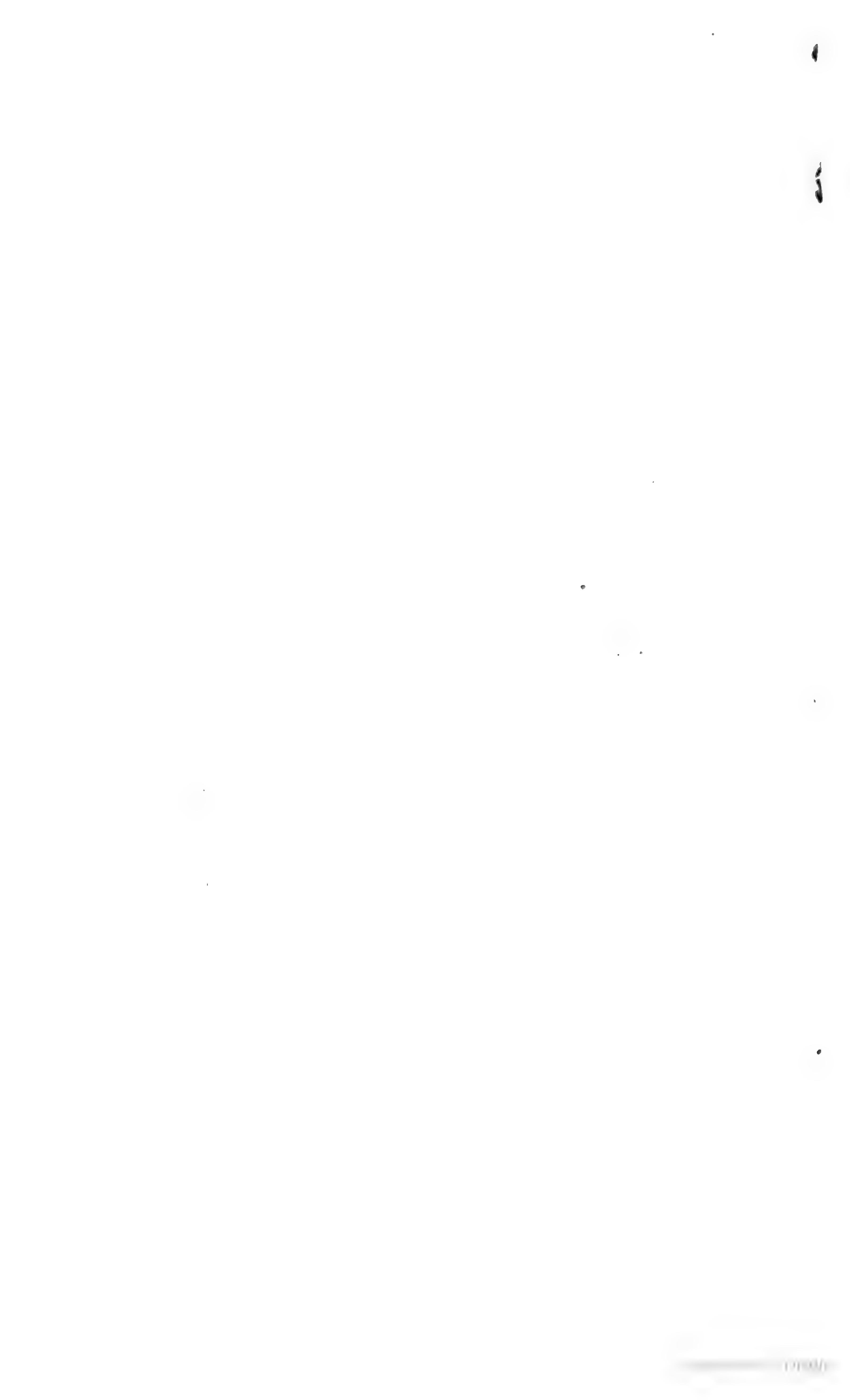
Fig. 13.

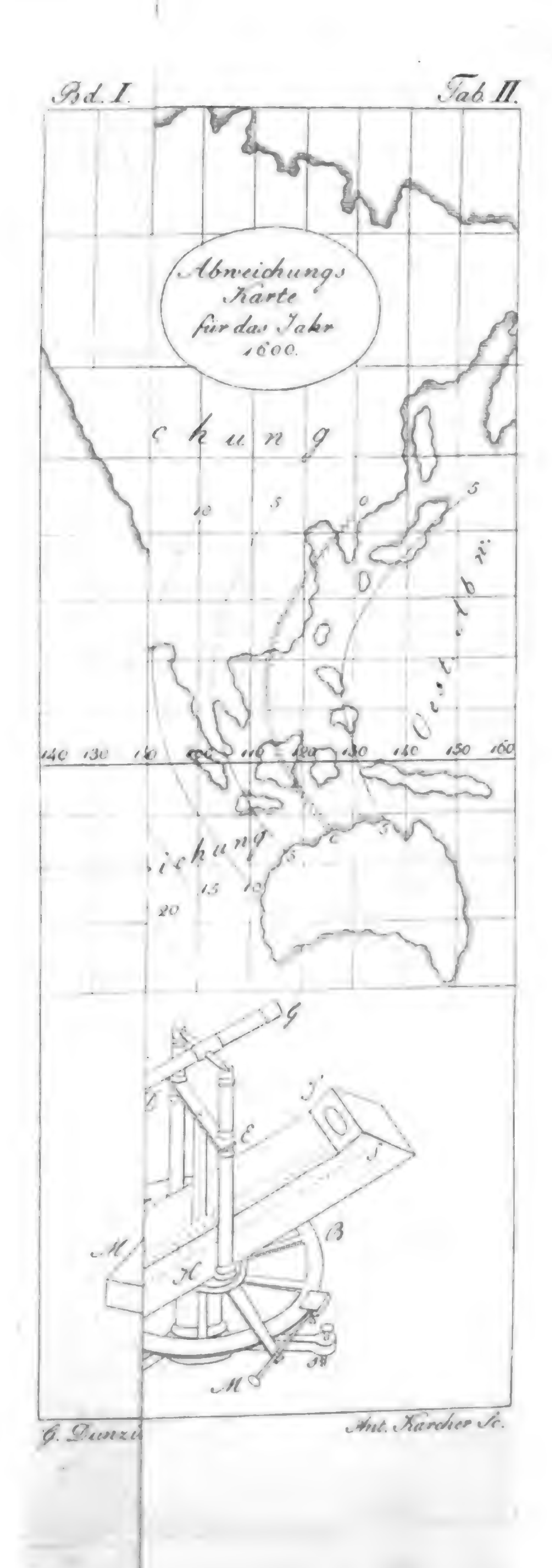
Fig. 14.

Dunninger del.

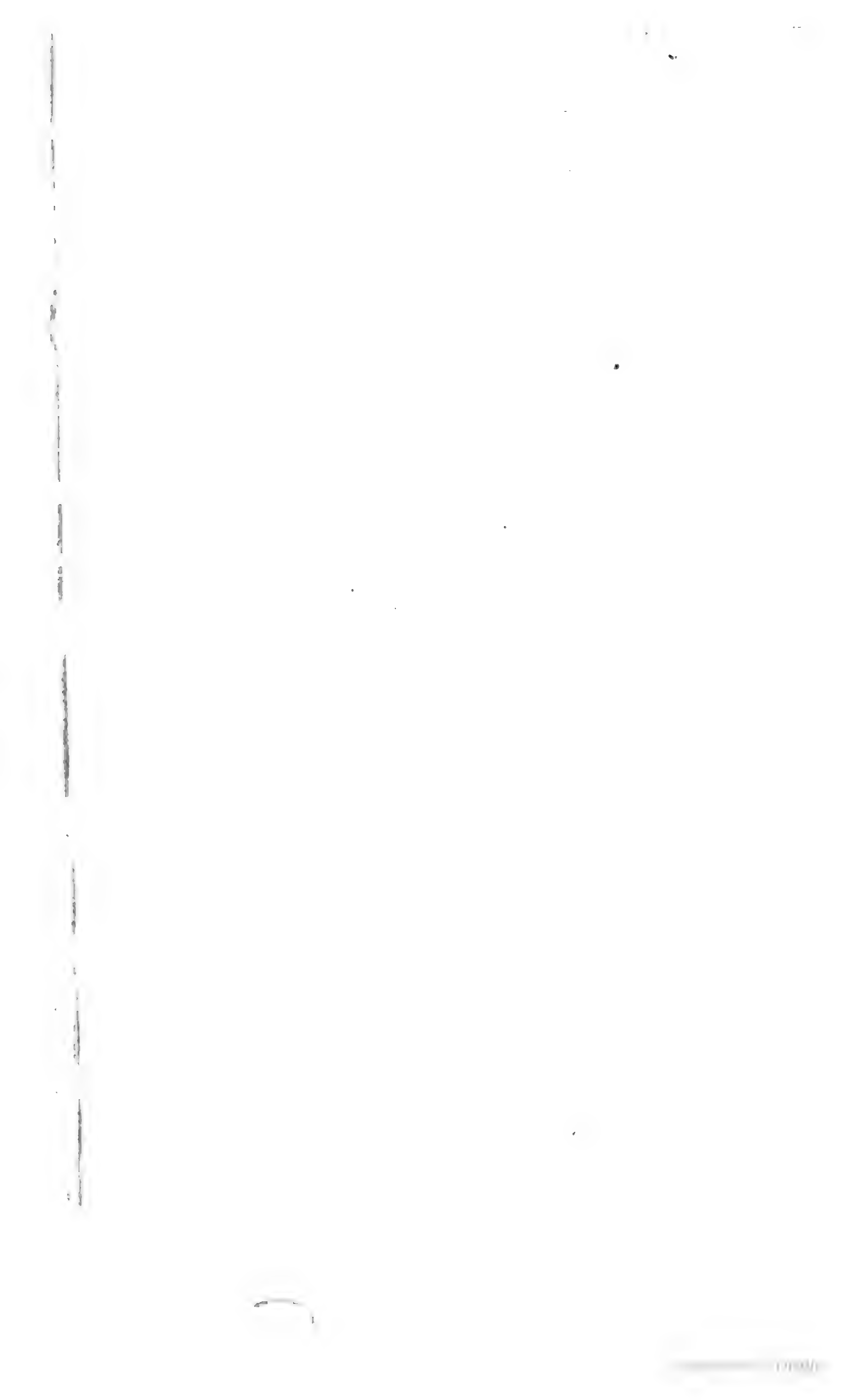


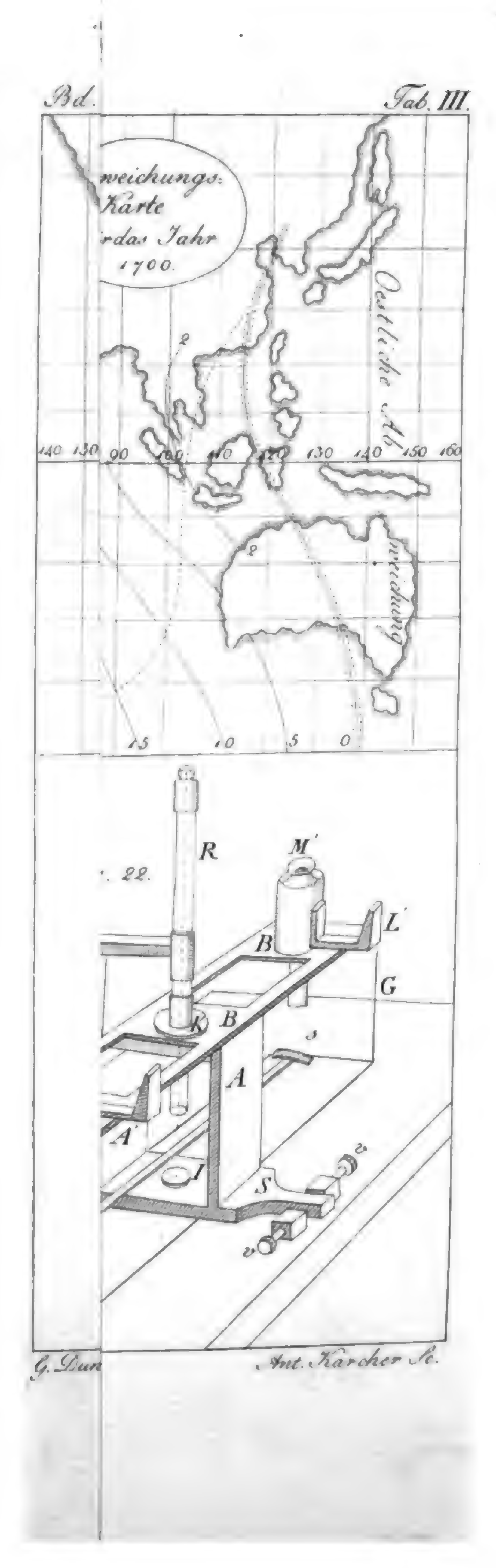

Bd. I.
Tab. II.
Abweichungs Karte für das Jahr 1600.
chung
ichung
140 130 110 120 130 140 150 160
G
E
B
H
M
G. Dunz
Ant. Kärcher Sc.



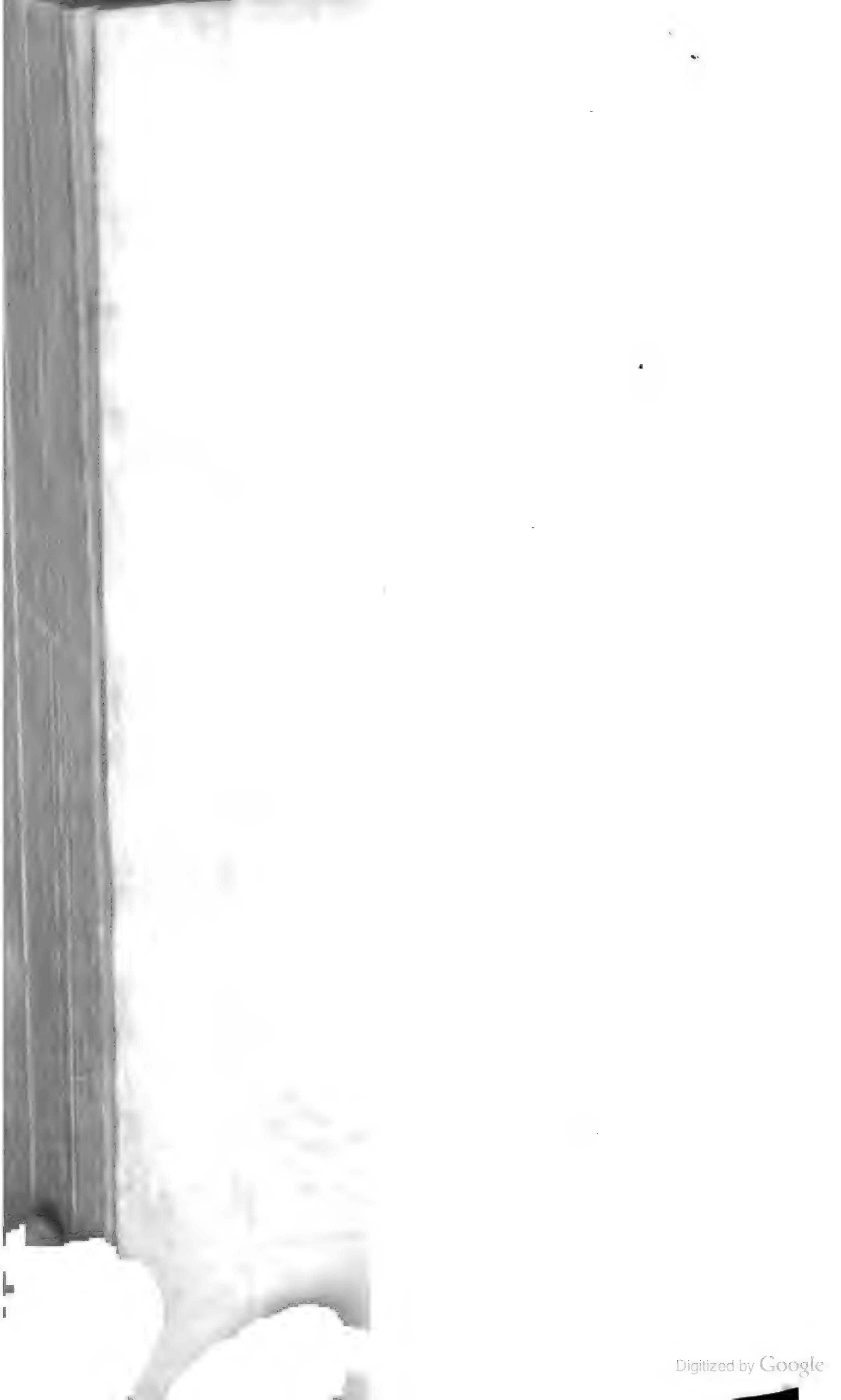


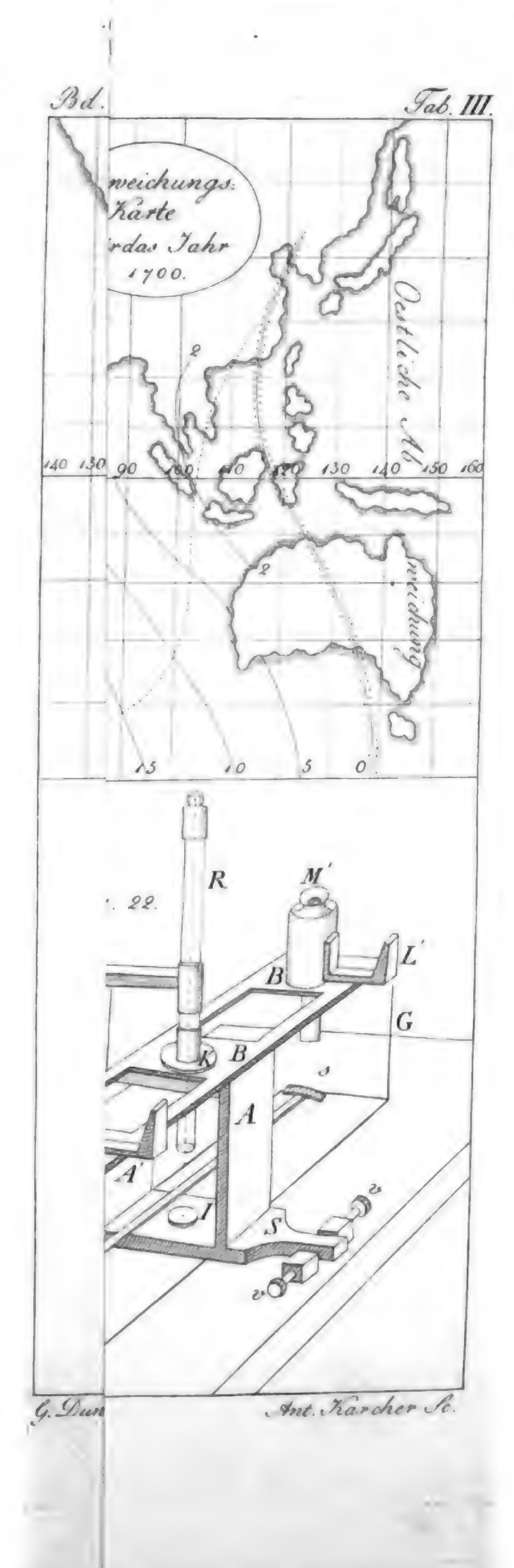
Bd. I.
Tab. II.
Abweichungs Karte für das Jahr 1600.
chung
Oestl. Abw.
ichung
140 130 120 110 100 110 120 130 140 150 160
G
E
B
H
M
M
G. Dunzi
Ant. Karcher Sc.

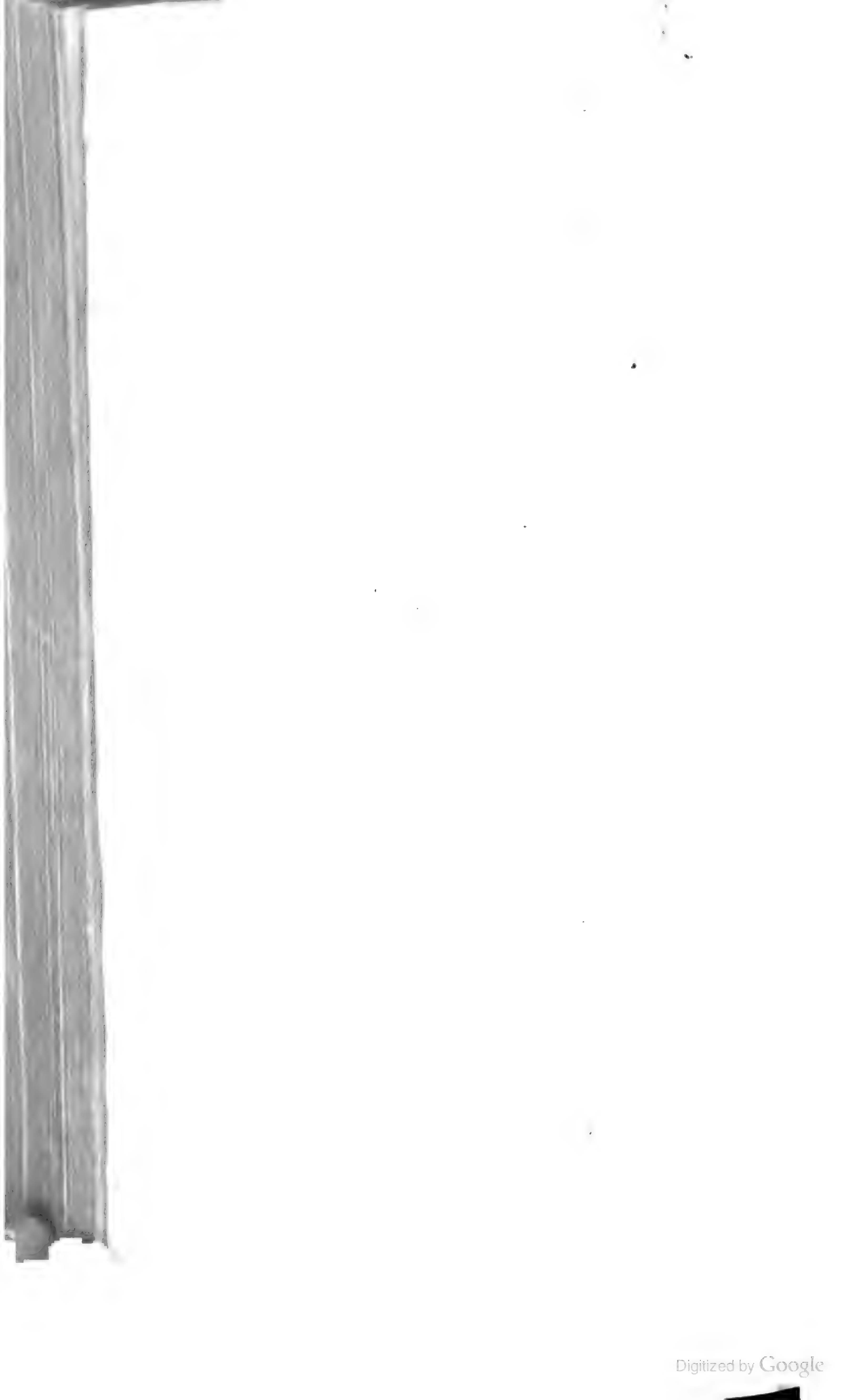


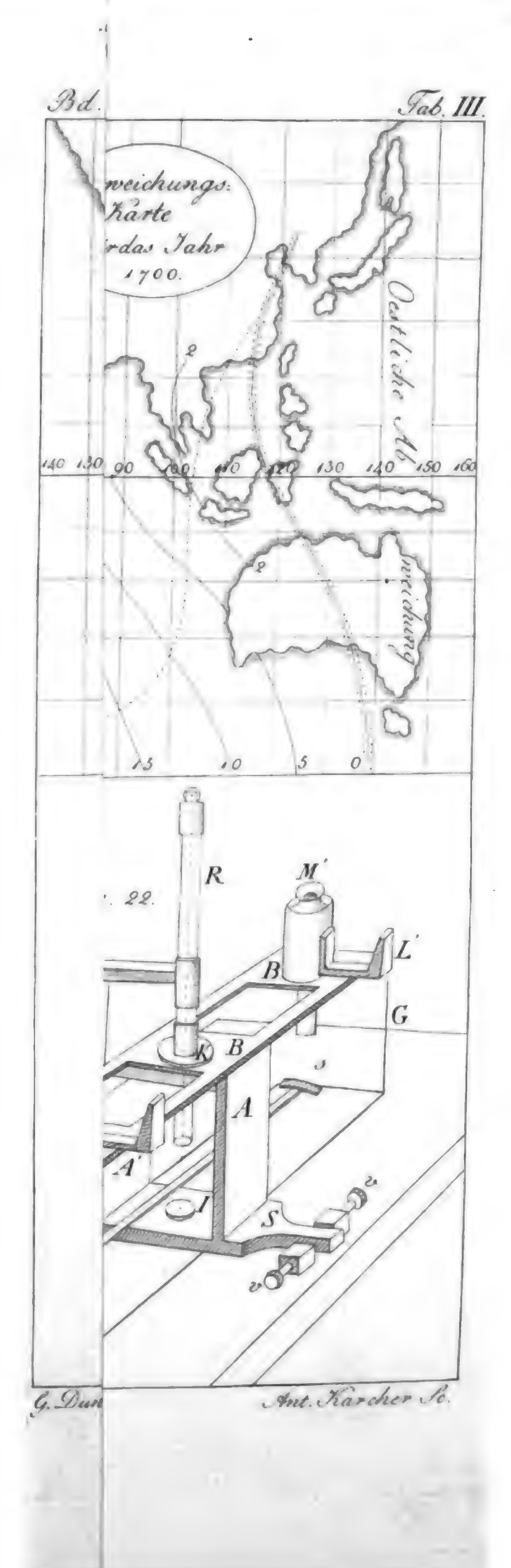


Bd.
Tab. III.
weichungs-
Karte
rdas Jahr
1700.
Oestliche Ab
weichung
140 130 90 100 110 120 130 140 150 160
15 10 5 0
R
M'
. 22.
L'
B
G
B
A
A'
I
S
G. Dun
Ant. Karcher Sc.

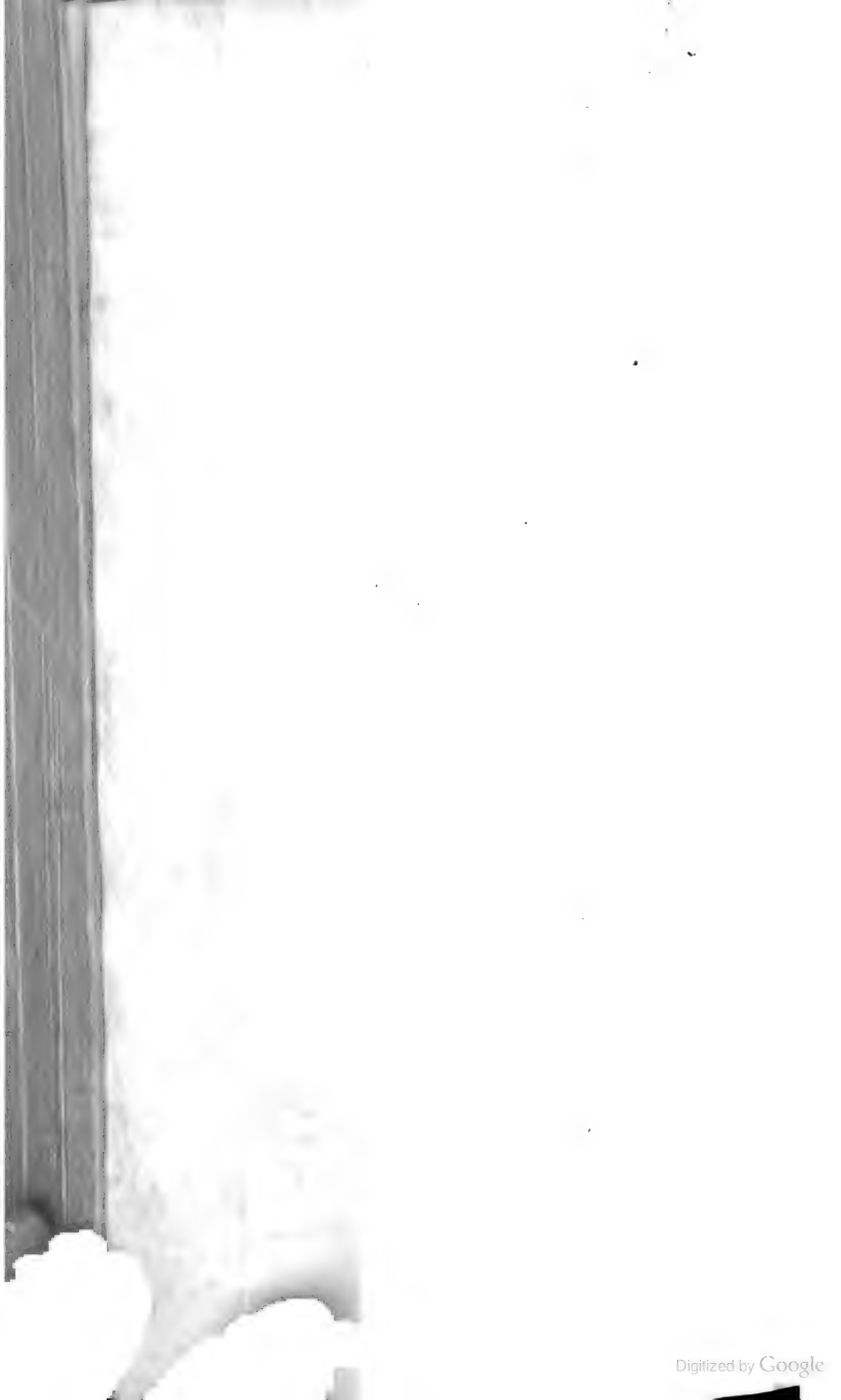


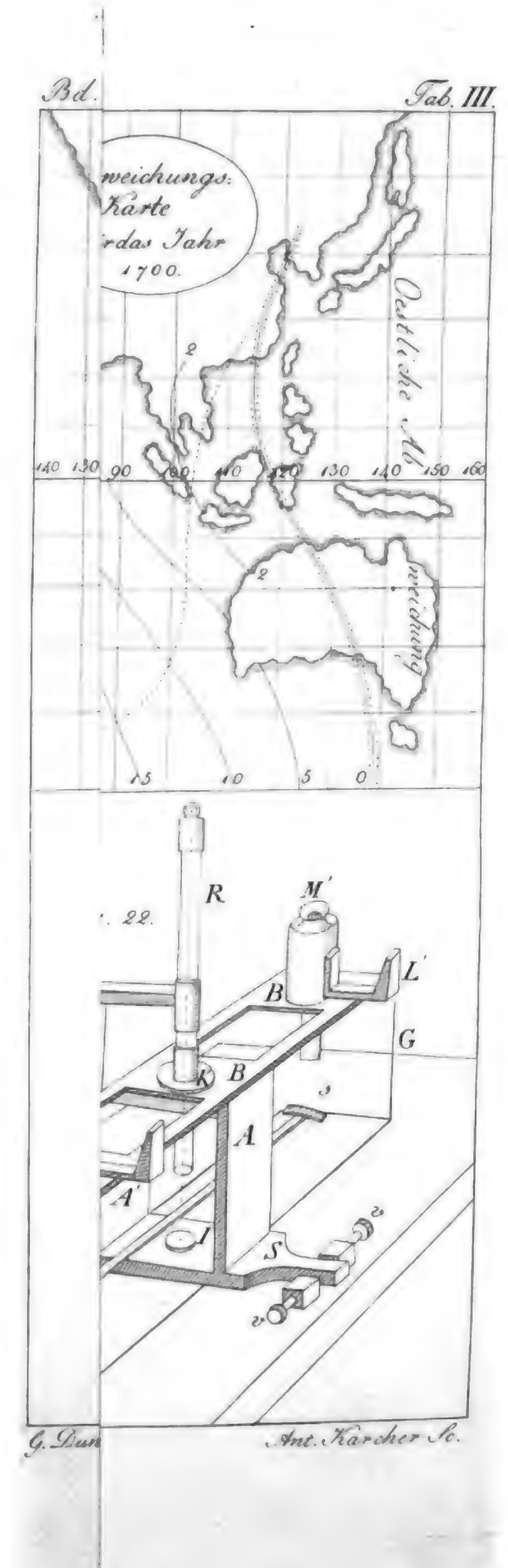

Bd.
Tab. III.
weichungs-
Karte
rdas Jahr
1700.
Oestliche Ab
weichung
140 130 90 100 110 120 130 140 150 160
15 10 5 0
. 22.
R
M'
L'
B
G
K
B
A
A'
I
S
v
v
G. Dun
Ant. Karcher Sc.



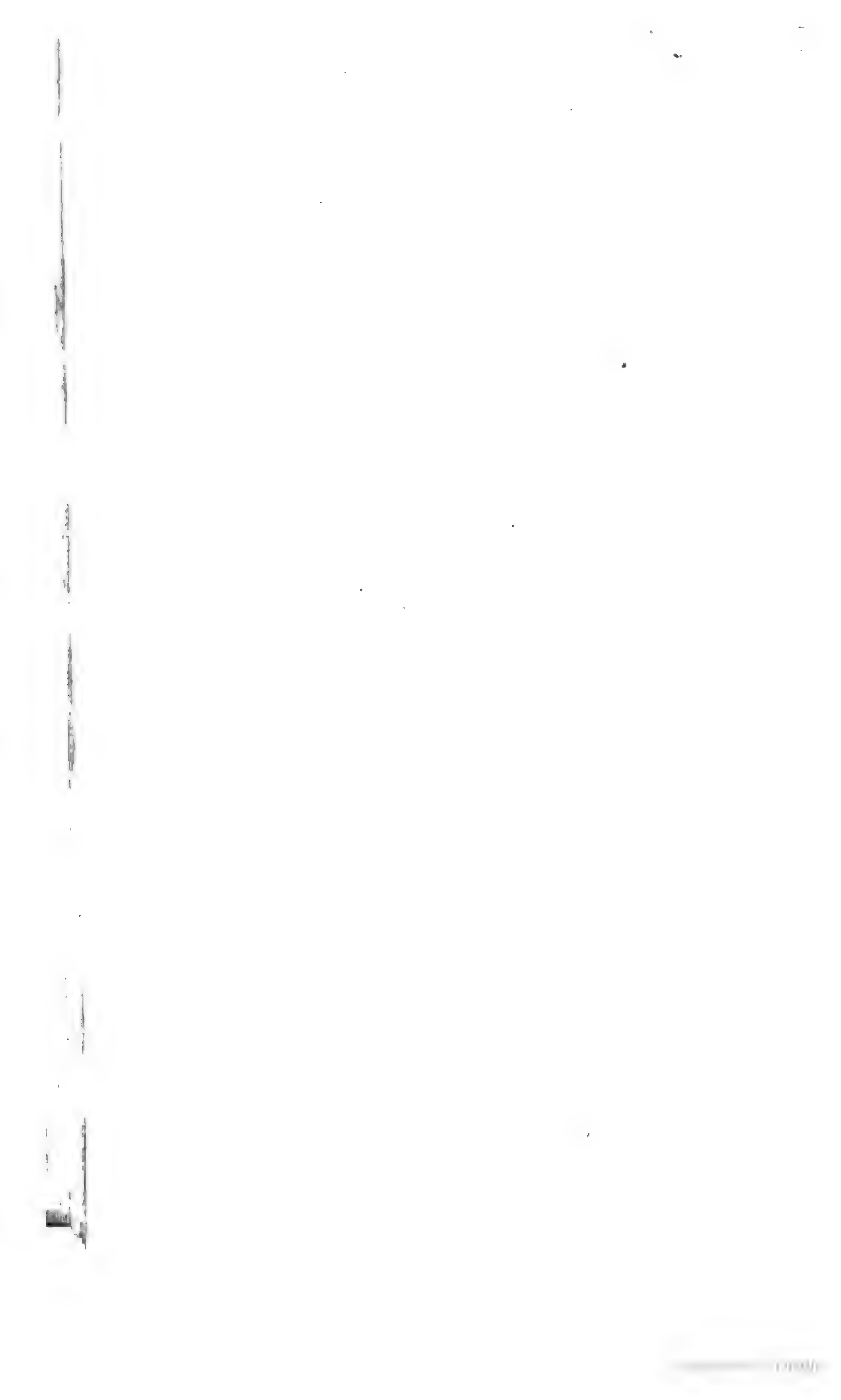


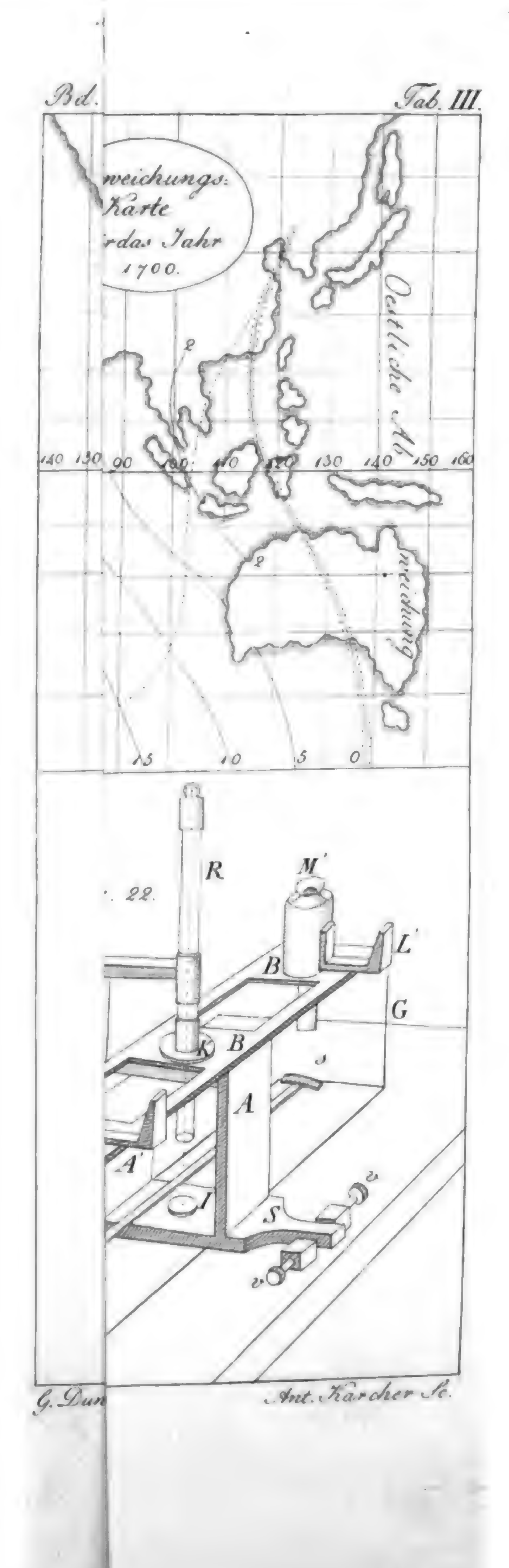
G. Dun Ant. Karcher Sc.



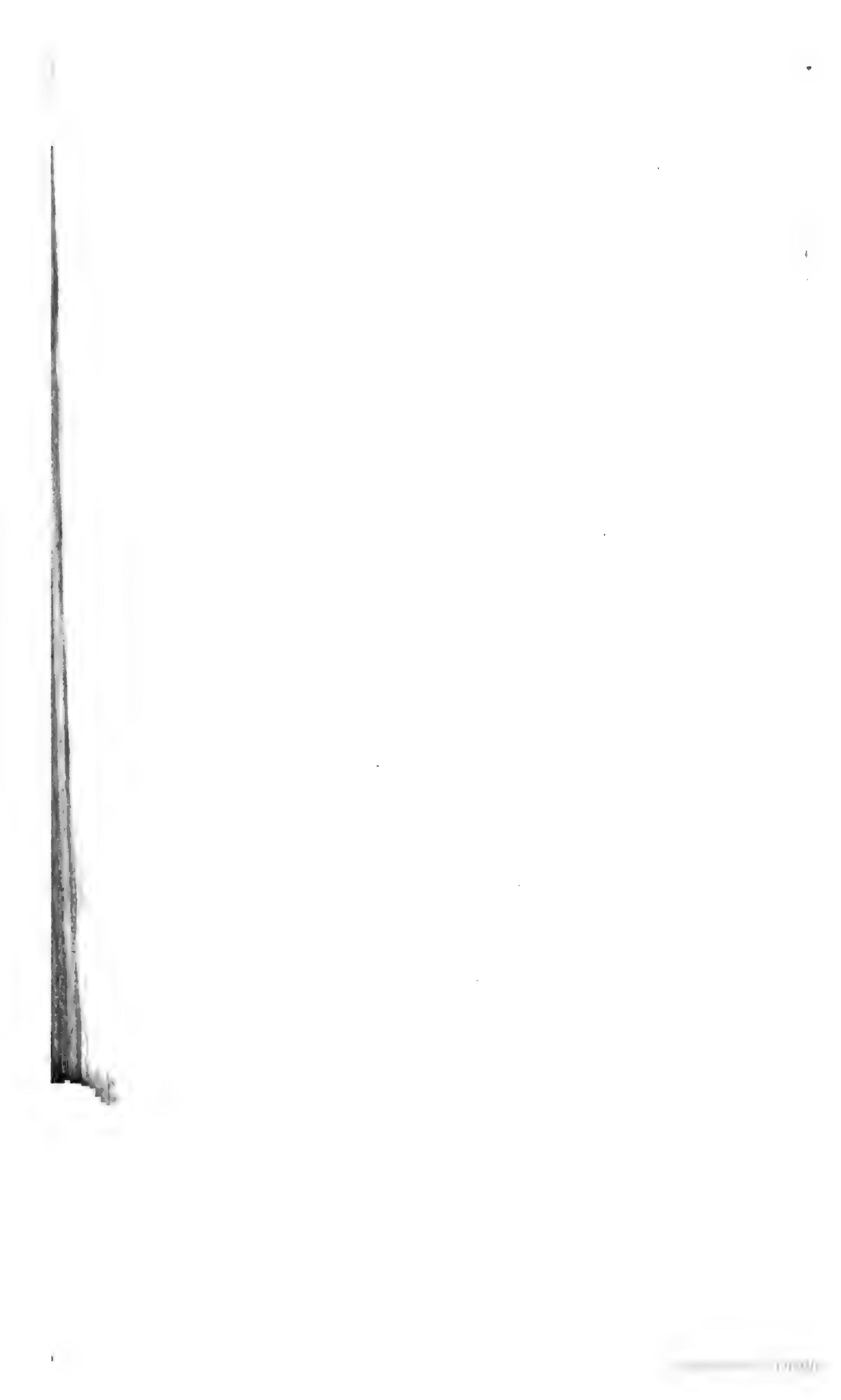


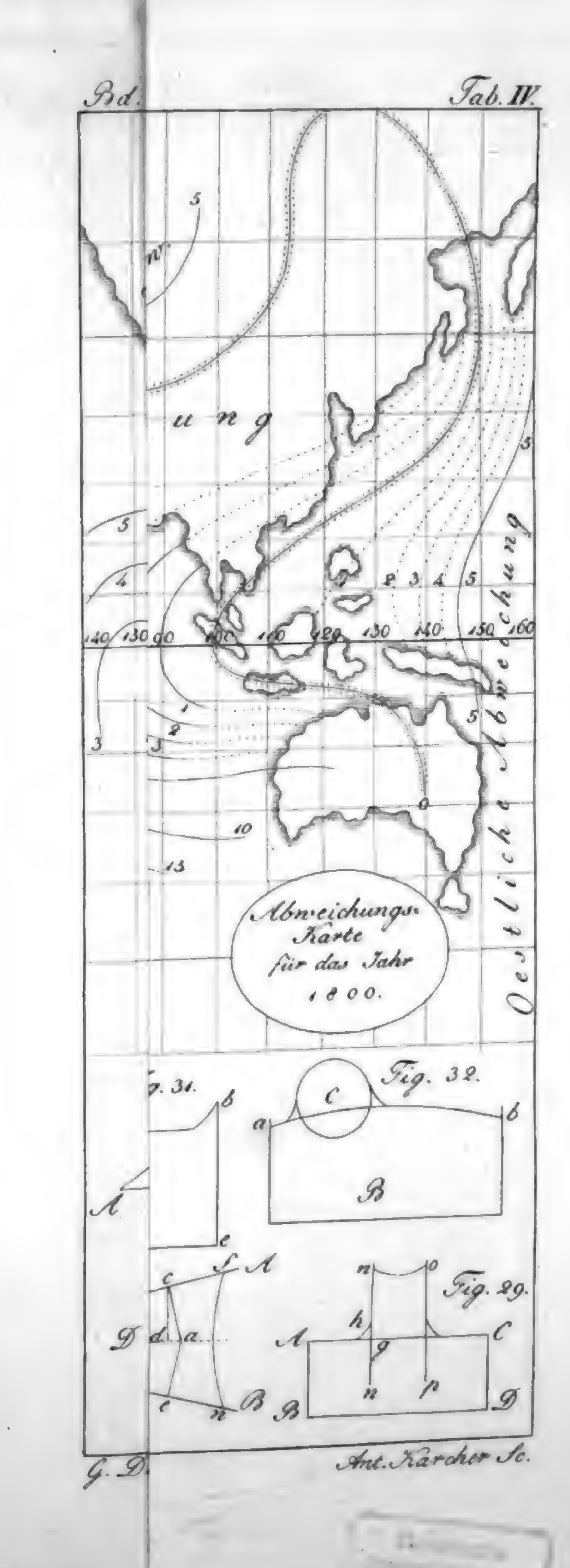
G. Dun Ant. Karcher Sc.





Bd.
Tab. III.
weichungs-
Karte
rdas Jahr
1700.
Oestliche Ab
weichung
140 130 90 100 110 120 130 140 150 160
15 10 5 0
22.
R
M'
L'
B
G
K
B
A
A'
I
S
v
v
G. Dun
Ant. Karcher Sc.




Bd.
Tab. IV.
Abweichungs-Karte für das Jahr 1800.
Oestliche Abweichung
Fig. 32.
Fig. 29.
Ant. Karcher Sc.
G. D.

Bd.

5

4

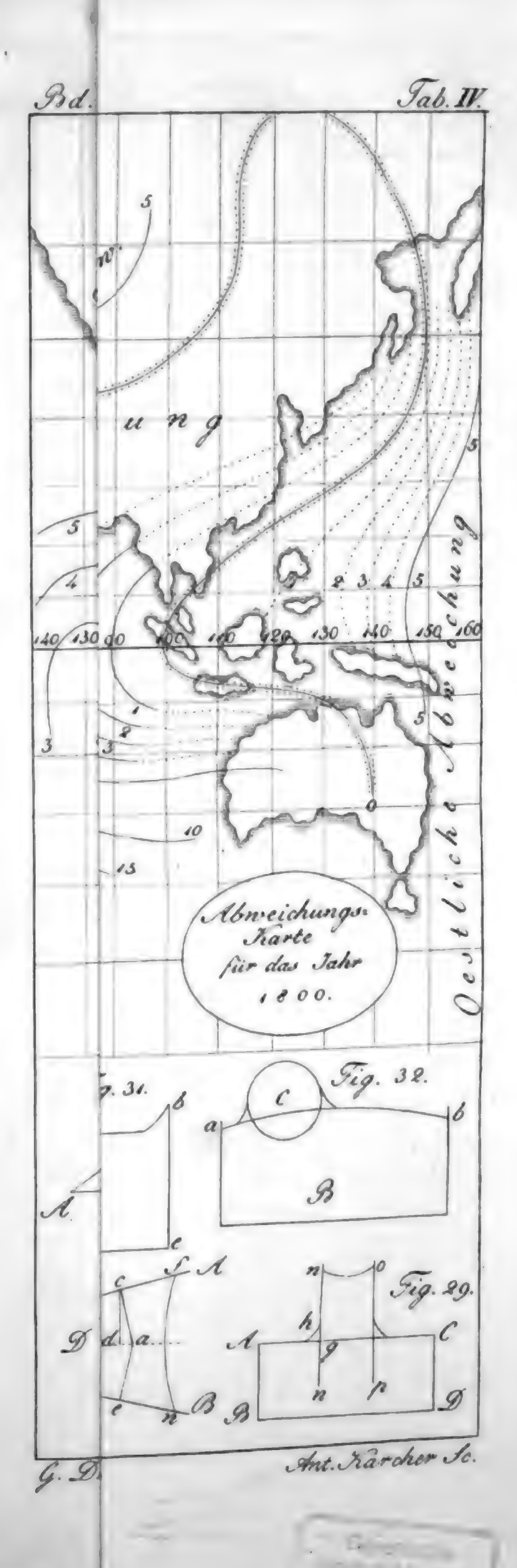
140 130

3

A

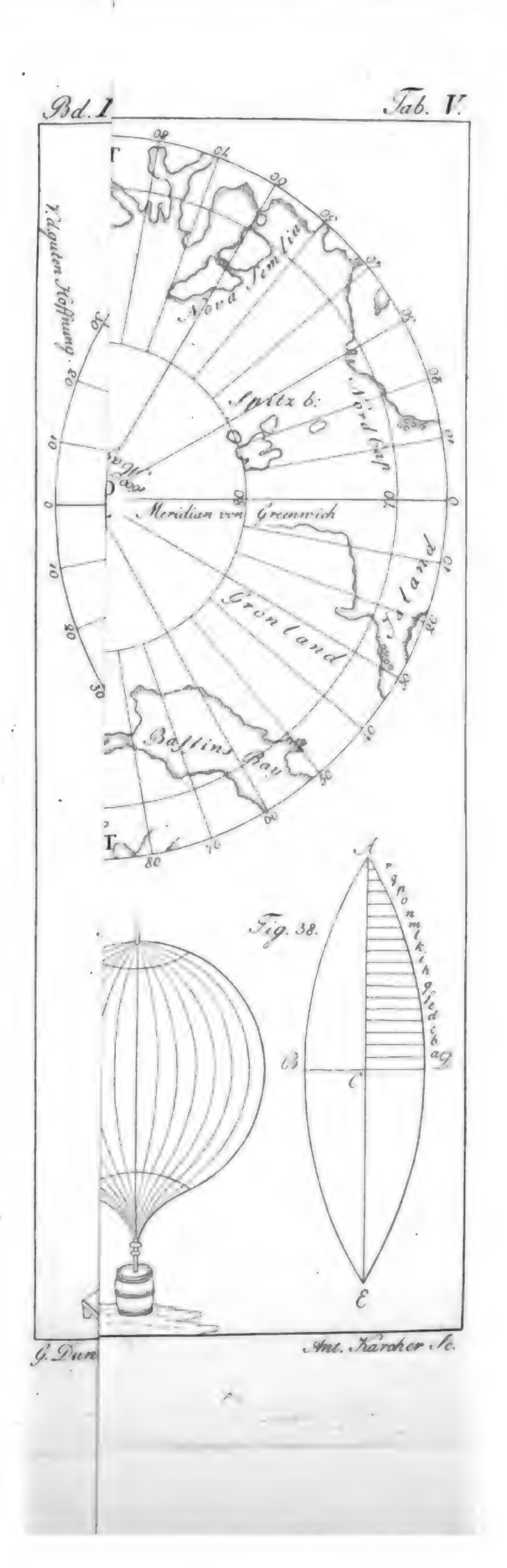
D

G. D

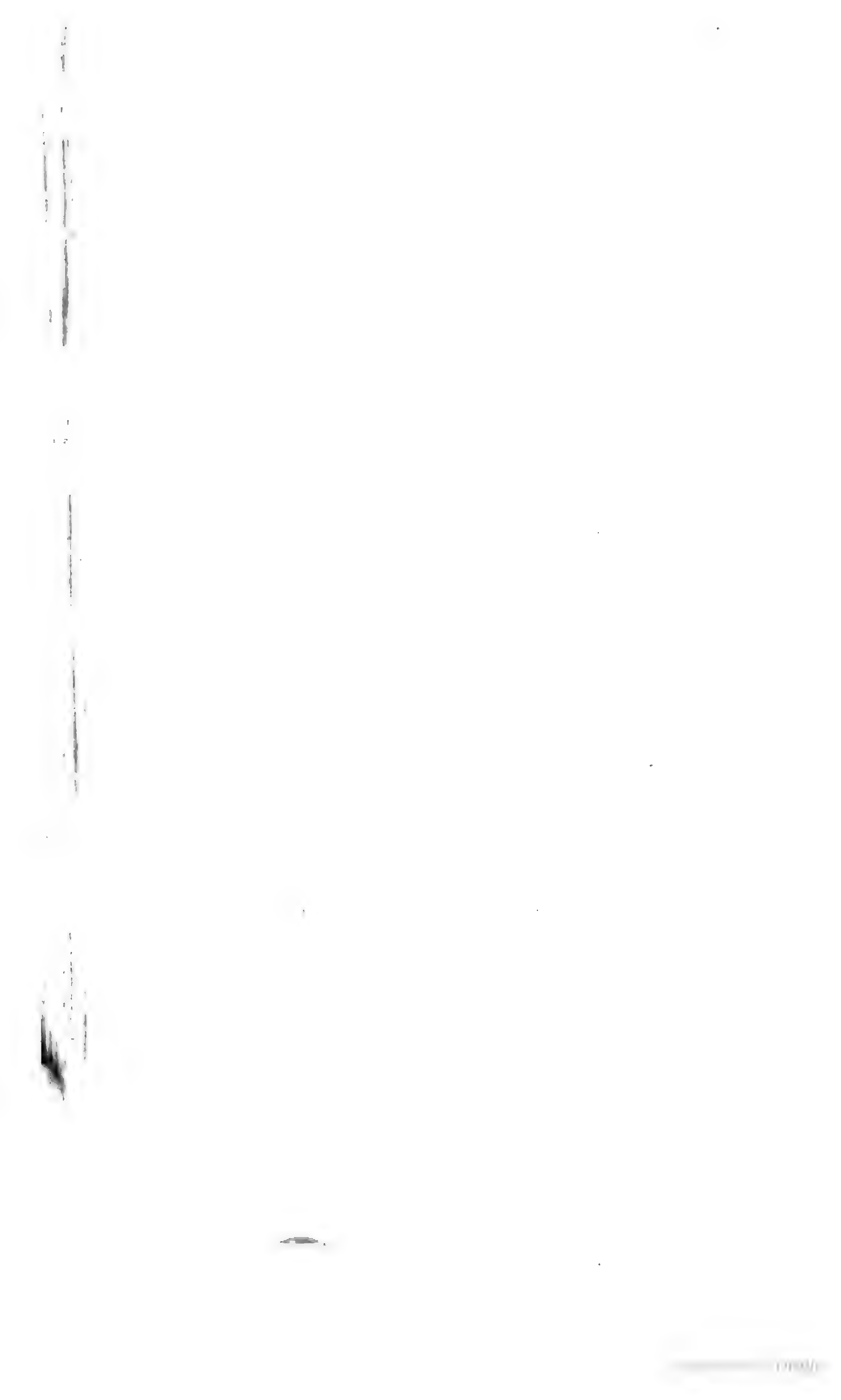


Abweichungs-Karte für das Jahr 1800.
Oestliche Abweichung
ung
140 130 90 100 110 120 130 140 150 160
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 29.





G. Dur
Ant. Karcher Sc.



Nova Zemlia

Spitz b.

Nord Cap

Meridian von Greenwich

Gronland

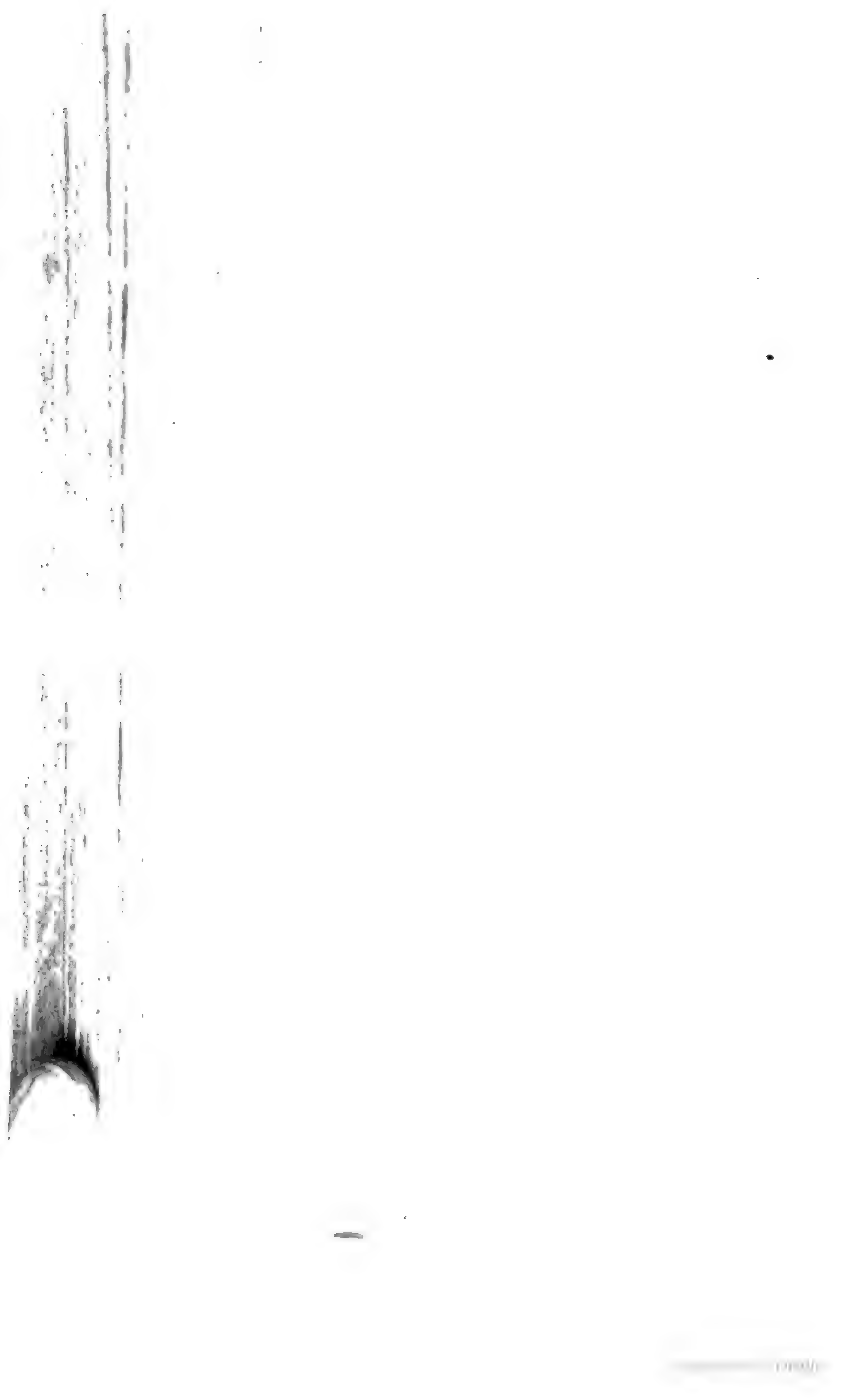
Island

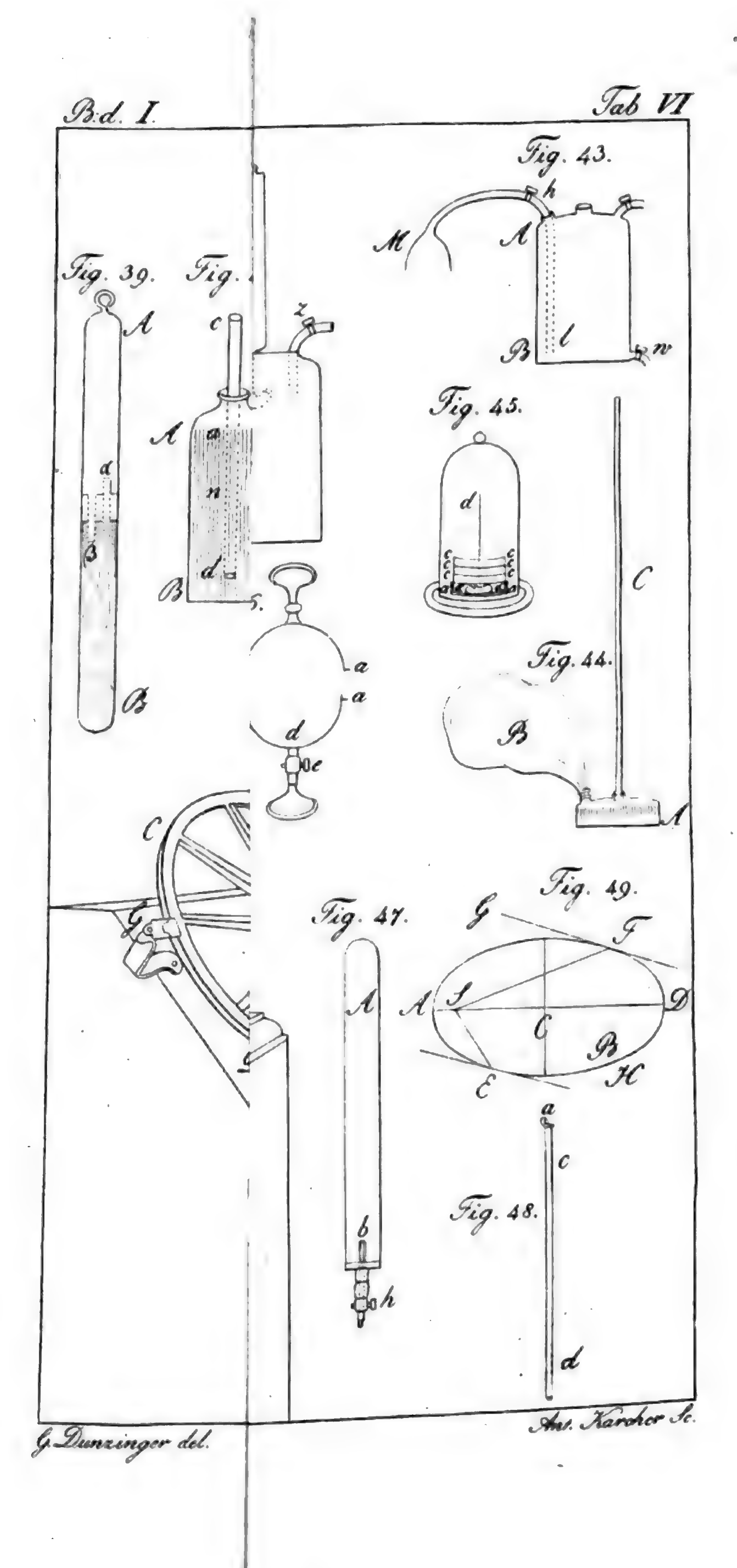
Baffins Bay

v. d. guten Hoffnung

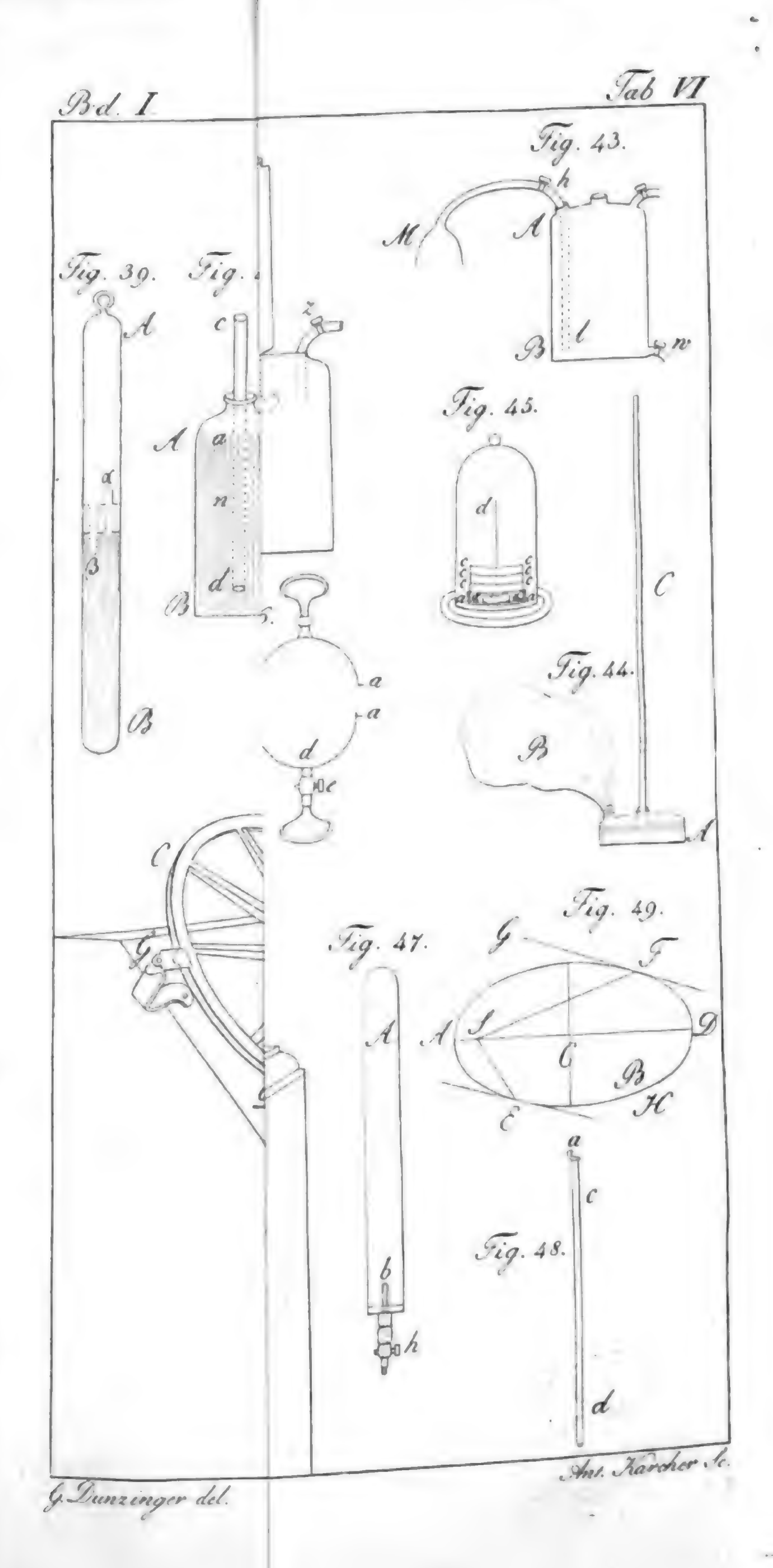
Fig. 38.

G. Dun Ant. Karcher Sc.




B:d. I.
Tab VI
Fig. 43.
Fig. 39.
Fig. 45.
Fig. 44.
Fig. 49.
Fig. 47.
Fig. 48.
G. Dunzinger del.
Ant. Karcher Sc.





Bd. I.
Tab VI
Fig. 43.
Fig. 39.
Fig. 45.
Fig. 44.
Fig. 49.
Fig. 47.
Fig. 48.
G. Dunzinger del.
Ant. Karcher Sc.

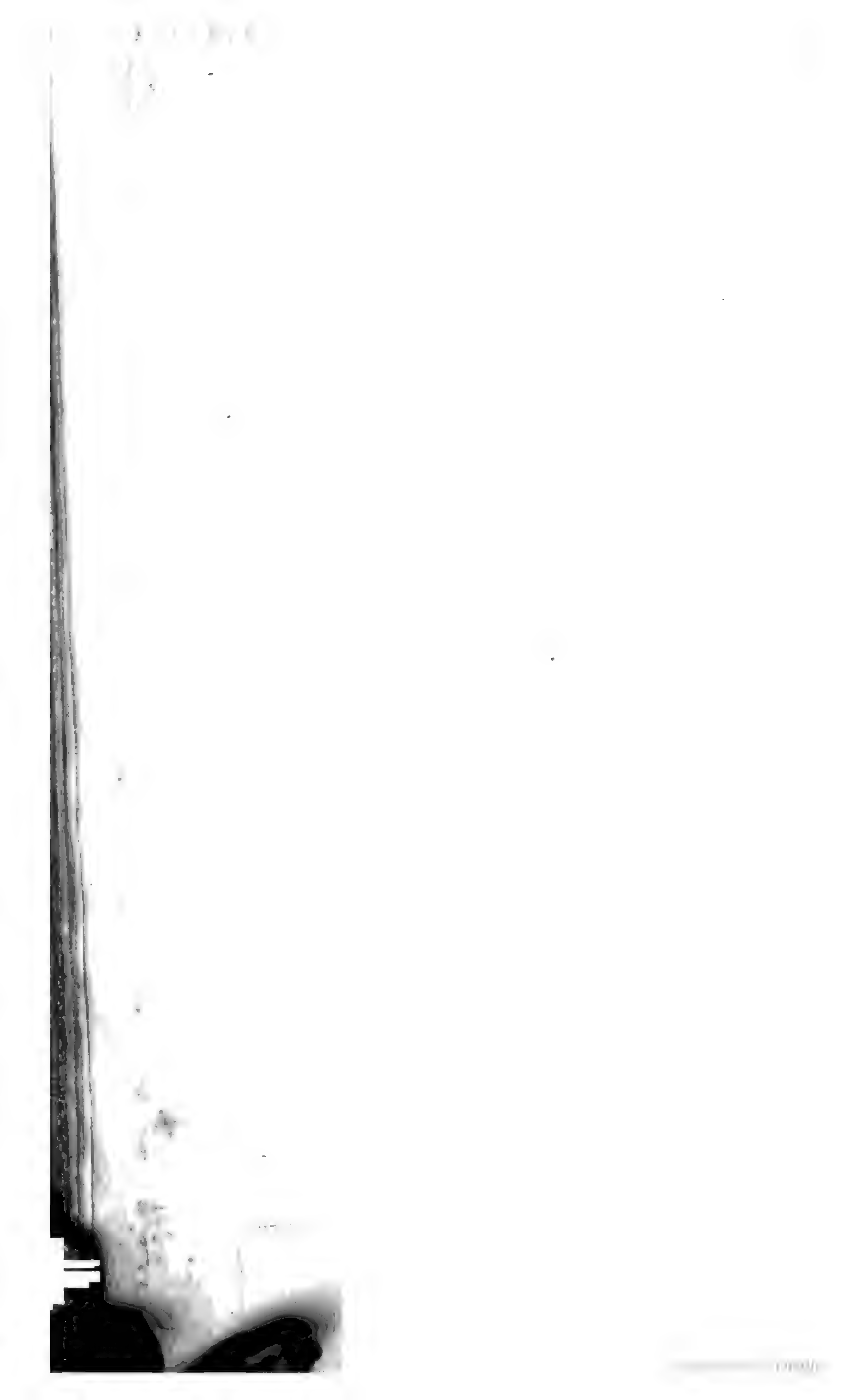


Fig. 55.

Fig. 58.

Fig. 53.

grünl. blau

roth

roth

Fig. 57.

Fig. 59.

Fig. 60. Fig. 70.

Fig. 71.

Fig. 72

G. Dunz… Ant. Karcher Sc.

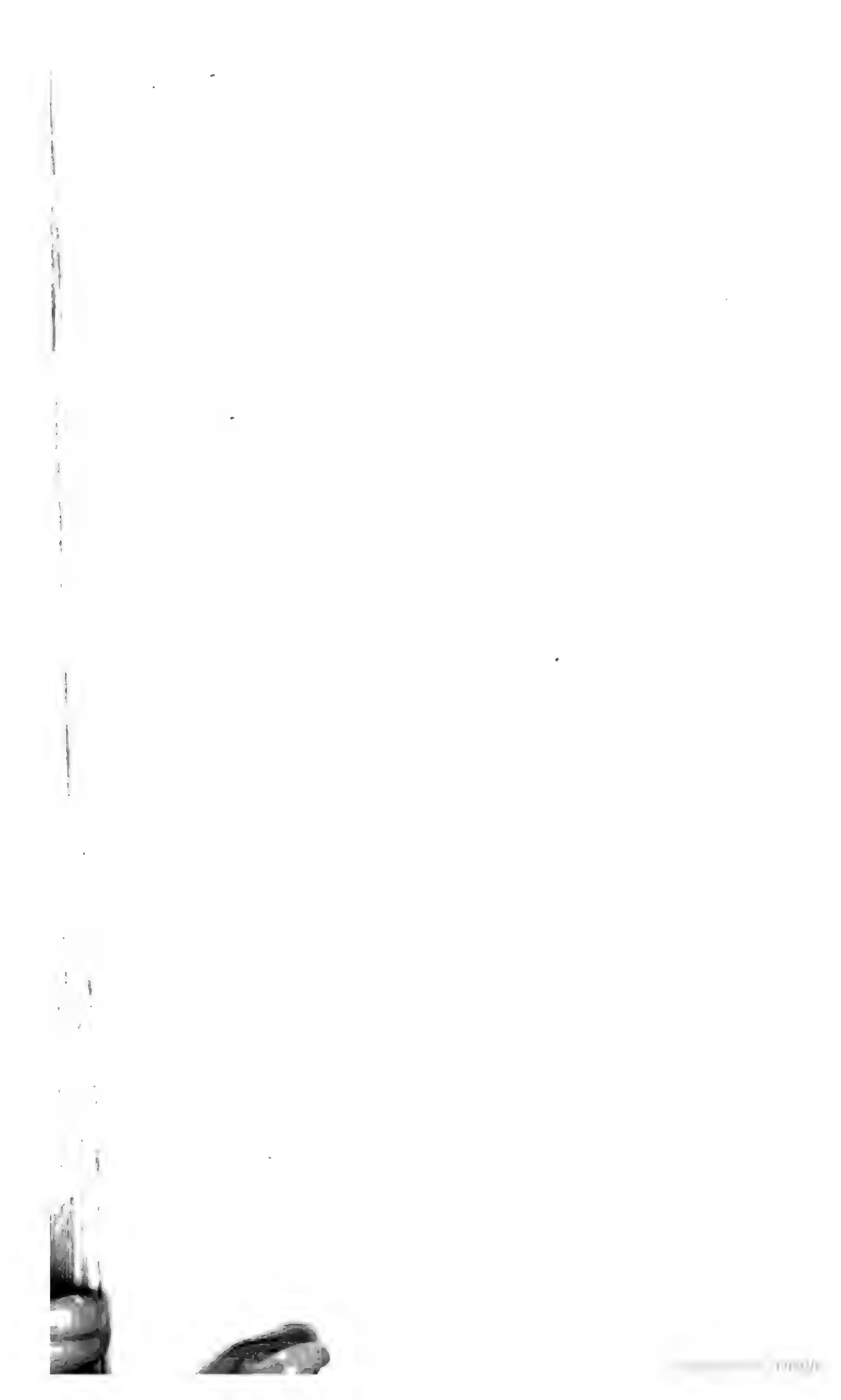


Fig. 55. Fig. 58. Fig. 53. Fig. 57. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 70. Fig. 71. Fig. 72.

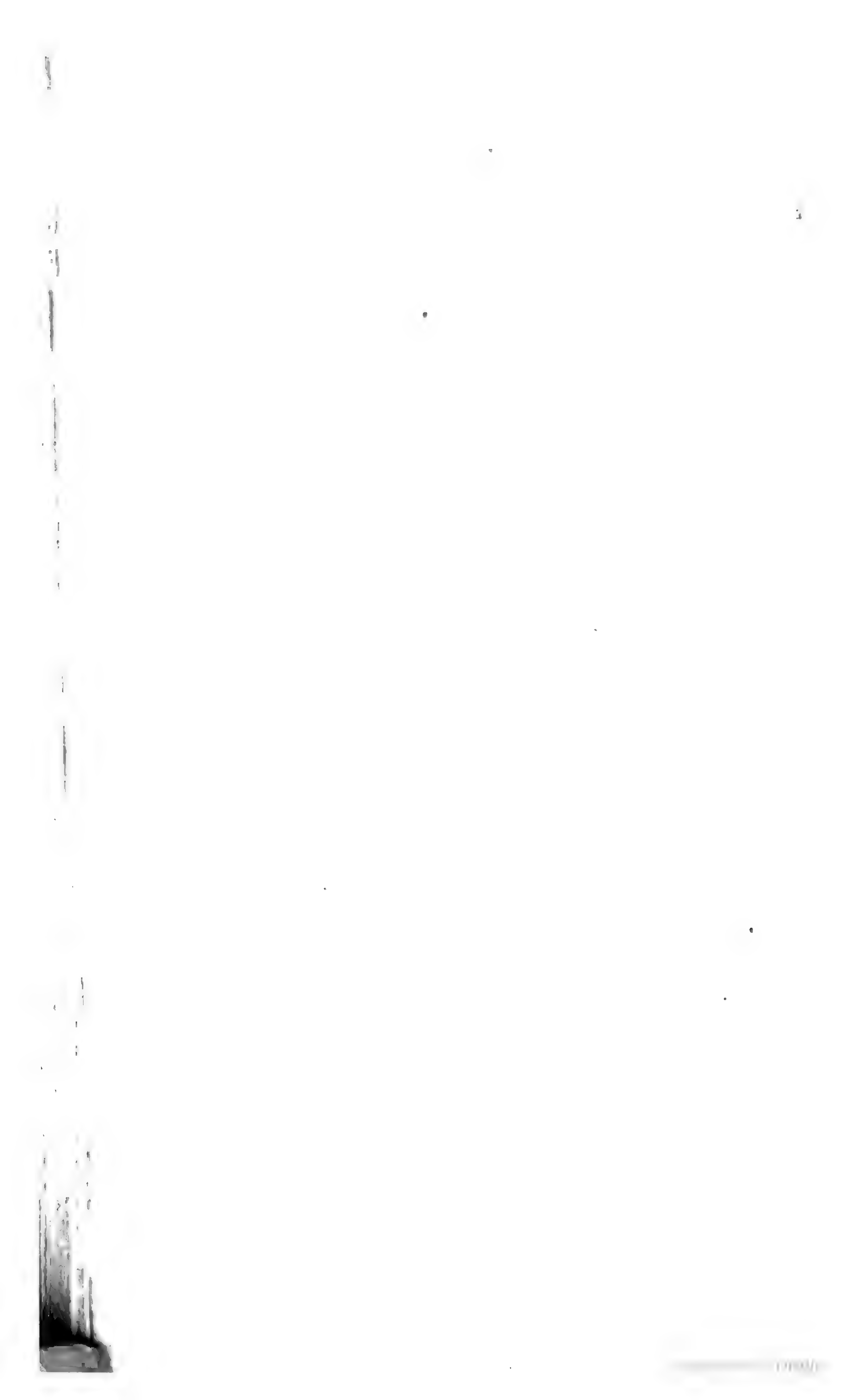
roth grün. blau roth

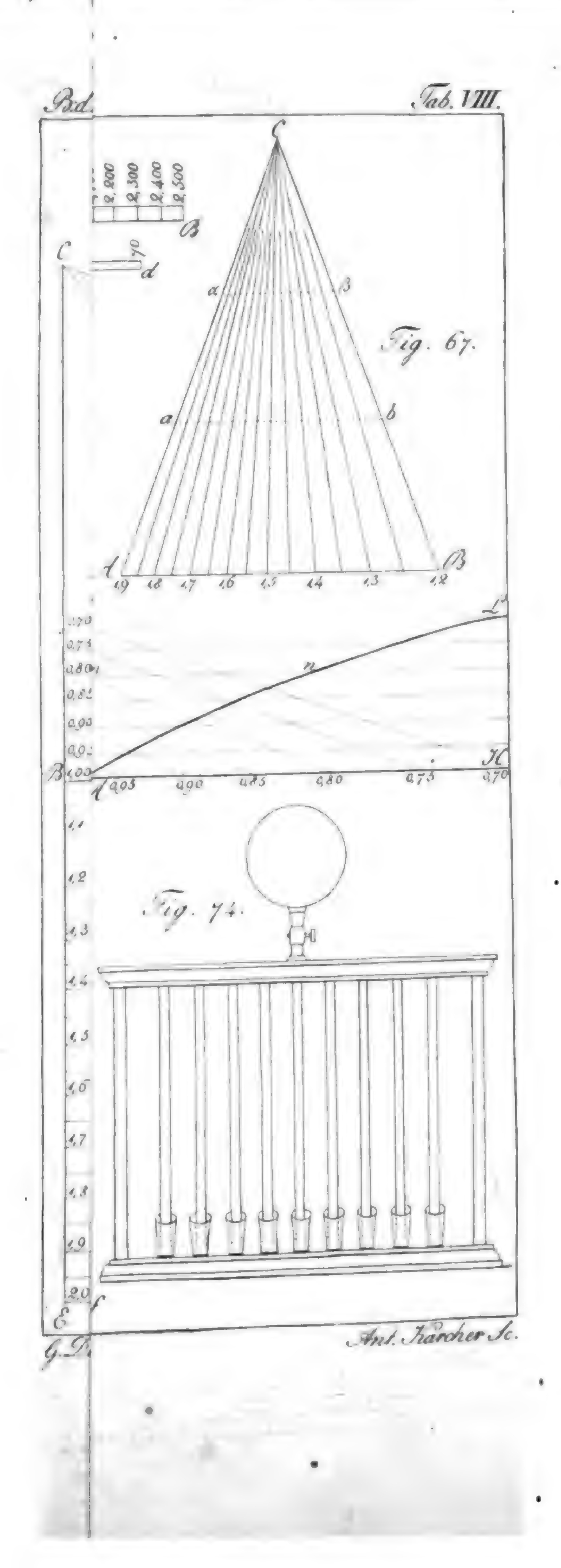


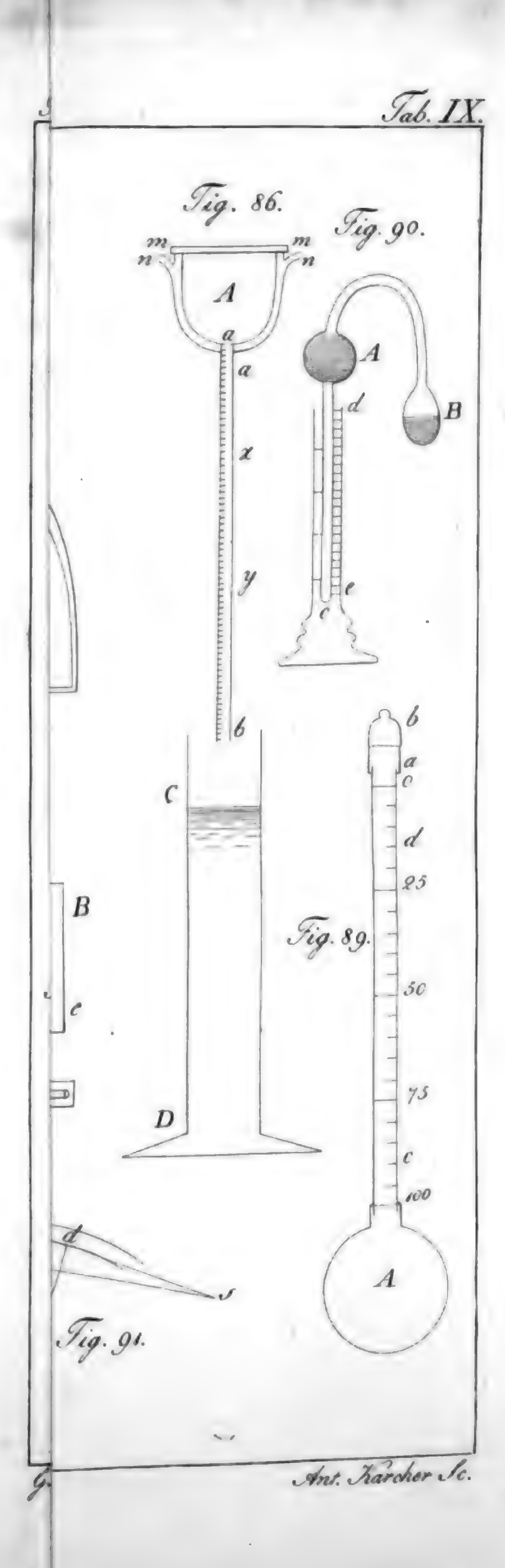
Fig. 67.

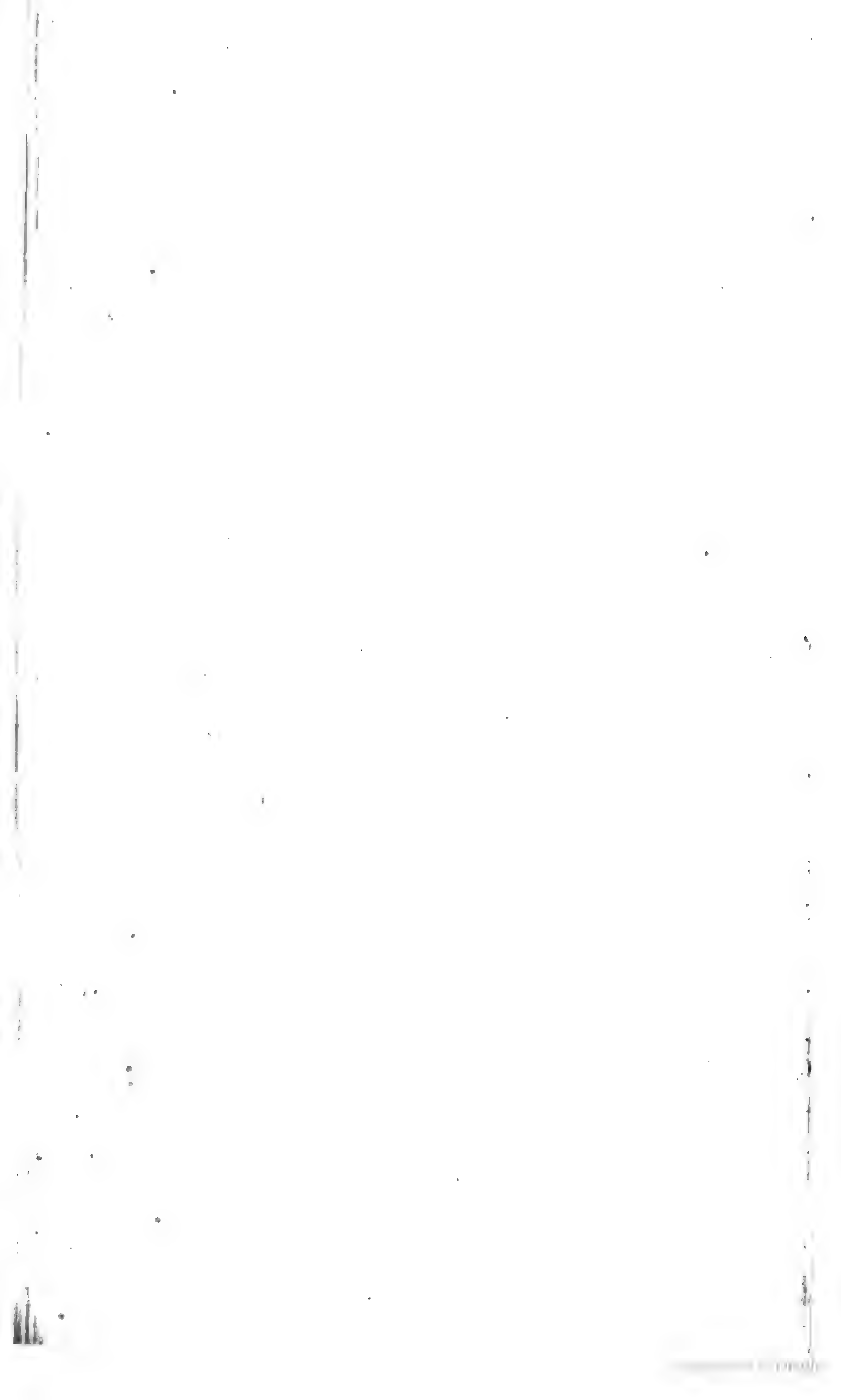
Fig. 74.

G. D. Ant. Karcher Sc.

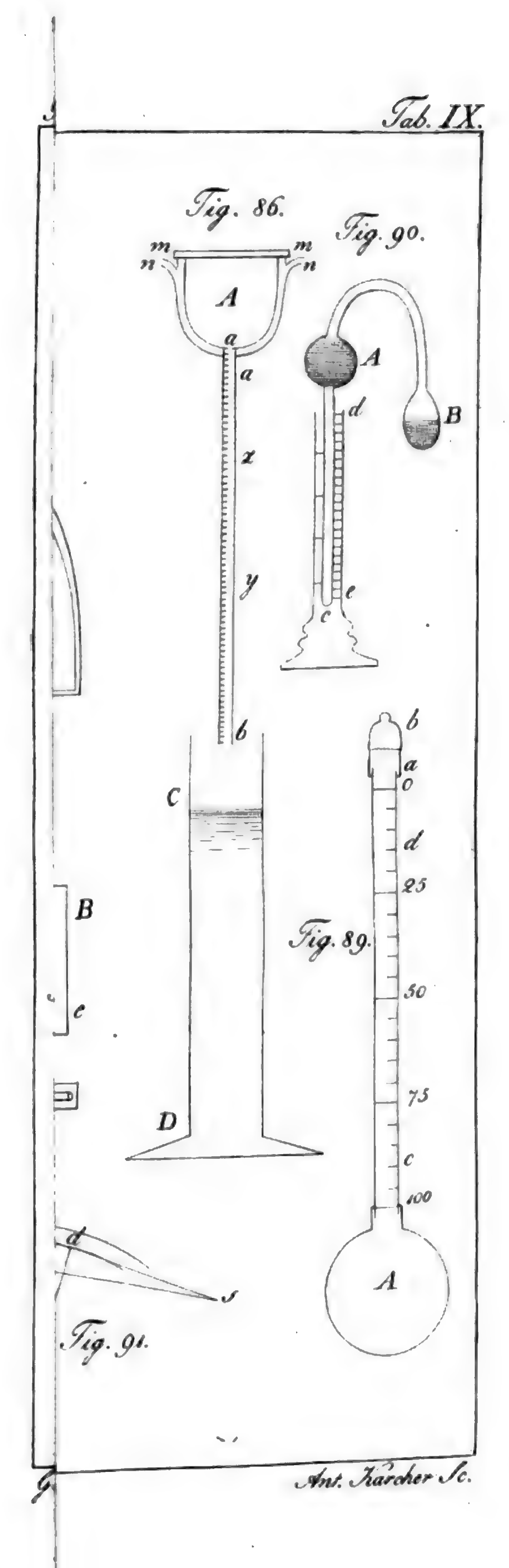



Bd.
Tab. VIII.
Fig. 67.
Fig. 74.
Ant. Karcher Sc.

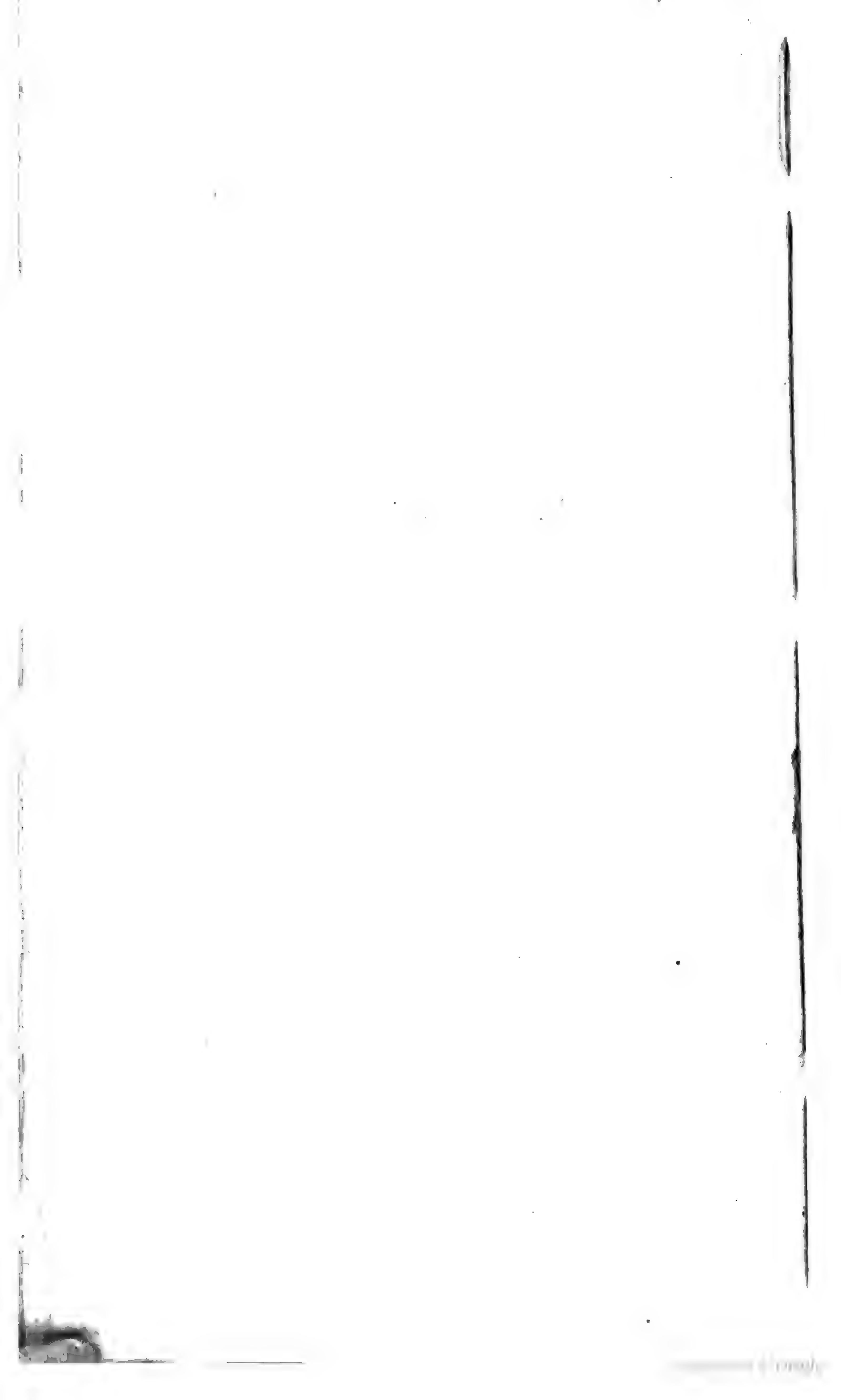

Tab. IX.
Fig. 86.
Fig. 90.
m
m
n
n
A
a
a
x
y
b
A
d
B
c
e
C
D
b
a
c
d
25
Fig. 89.
50
75
c
100
A
B
c
d
s
Fig. 91.
Ant. Karcher Sc.



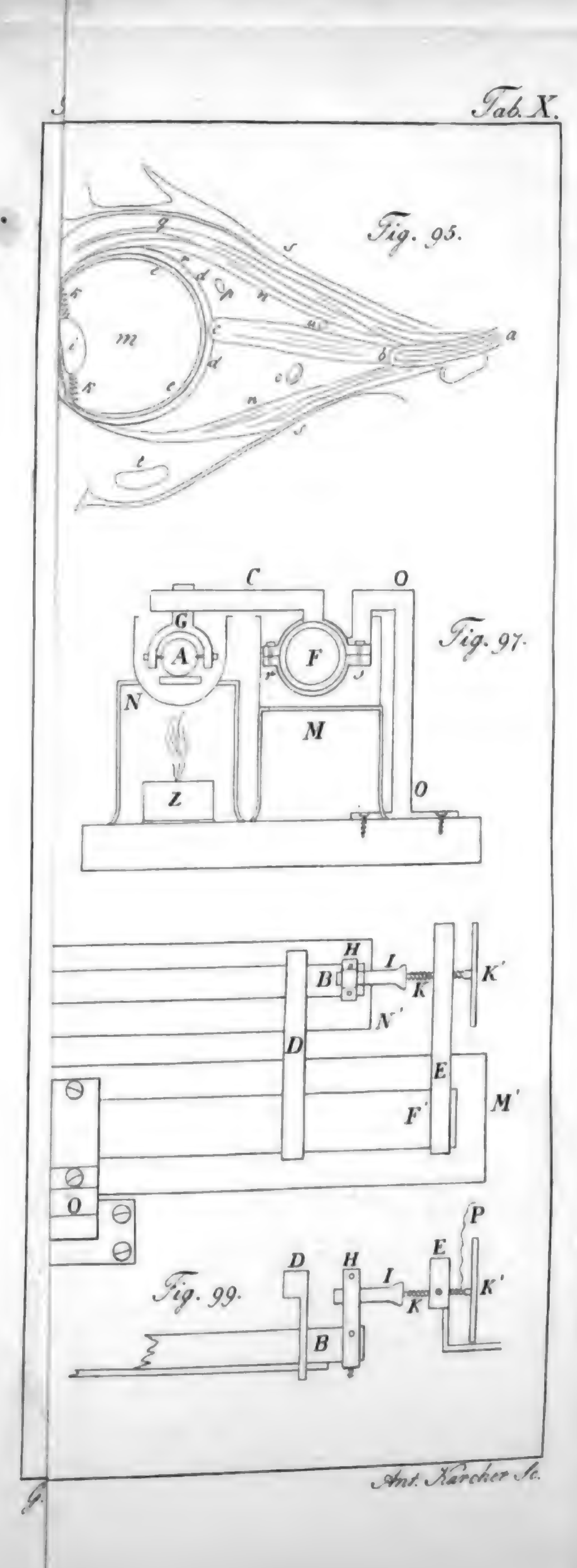
Tab. IX.



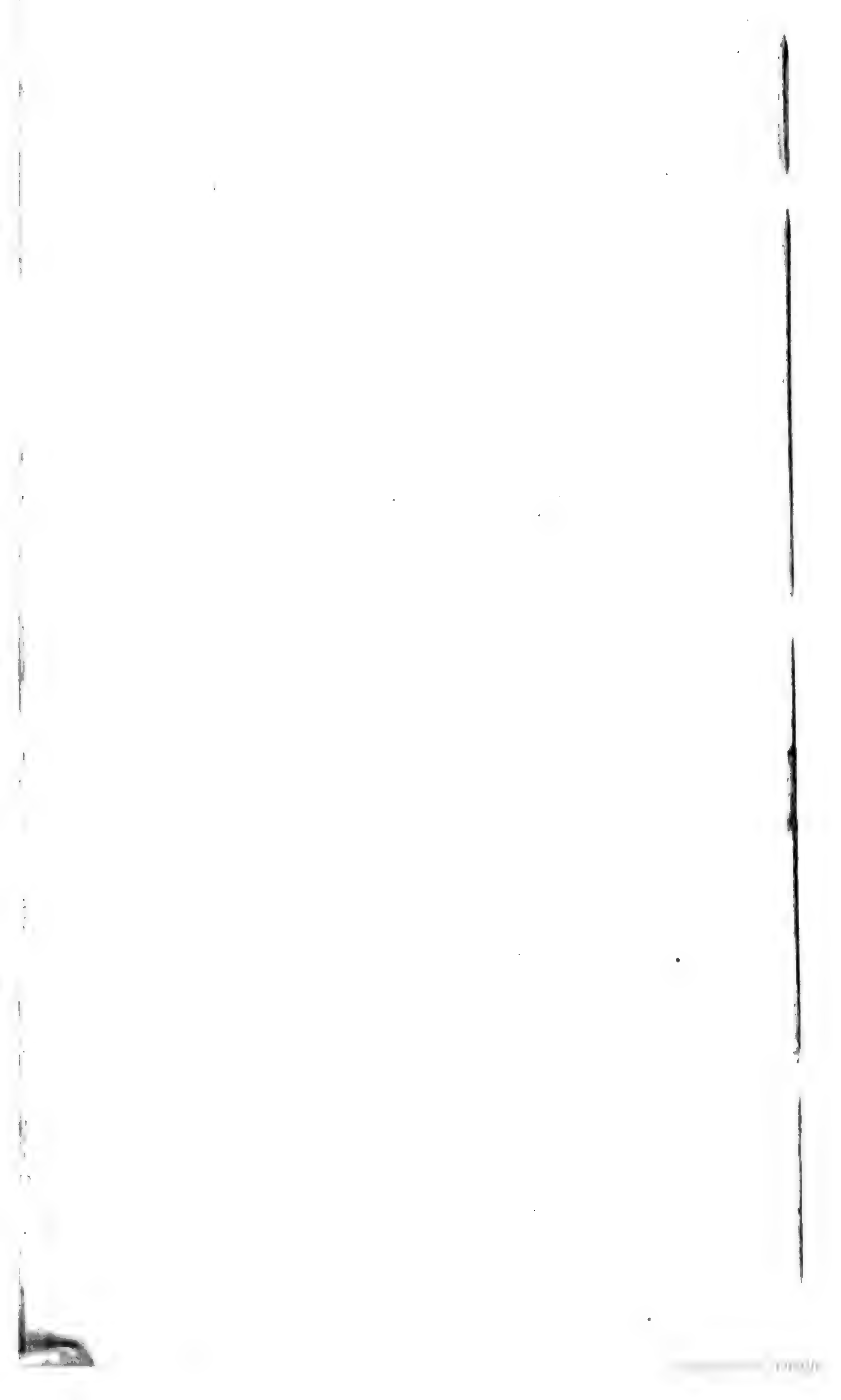
Ant. Karcher Sc.



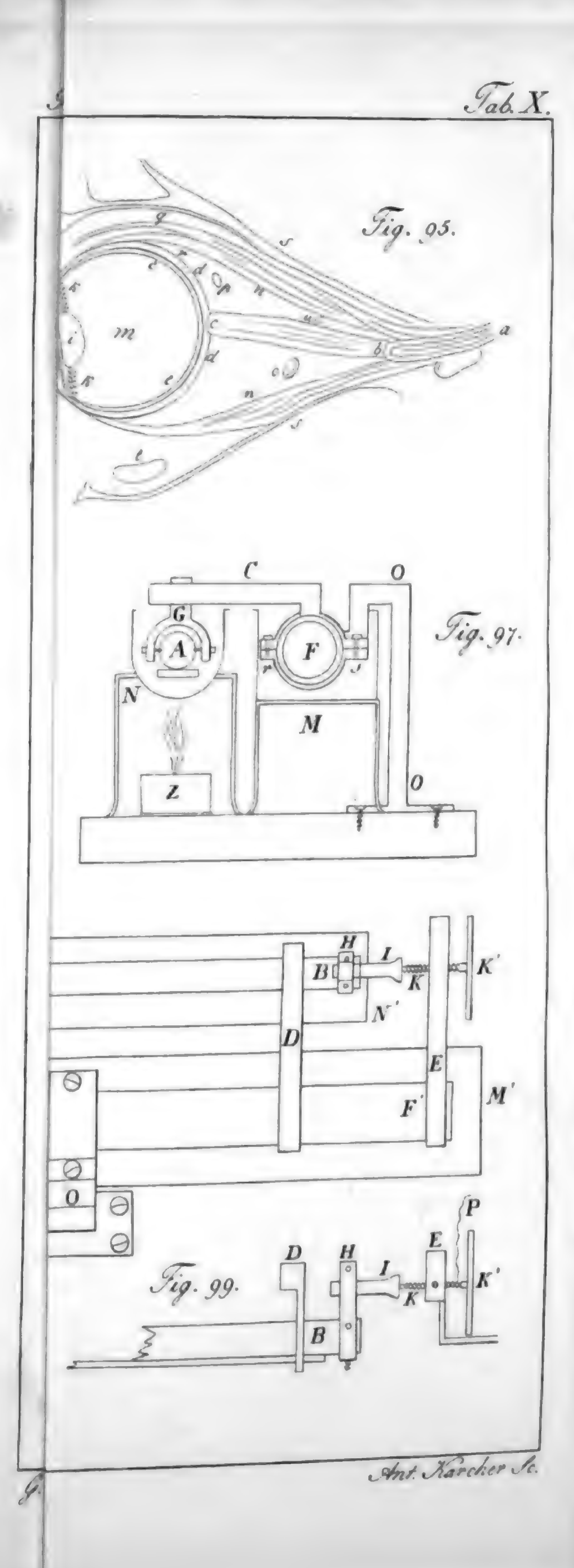
Tab. X.



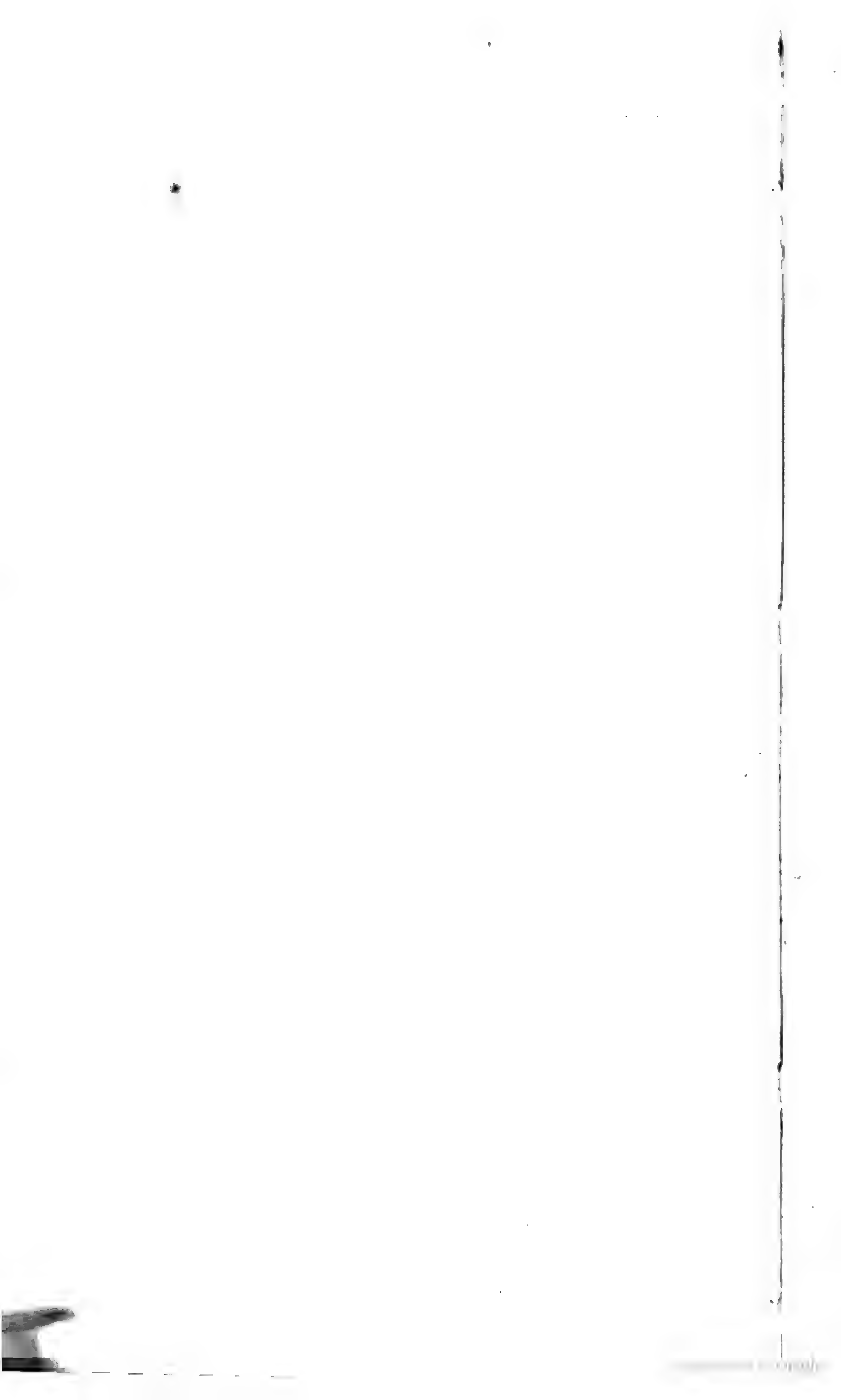
Ant. Karcher Sc.



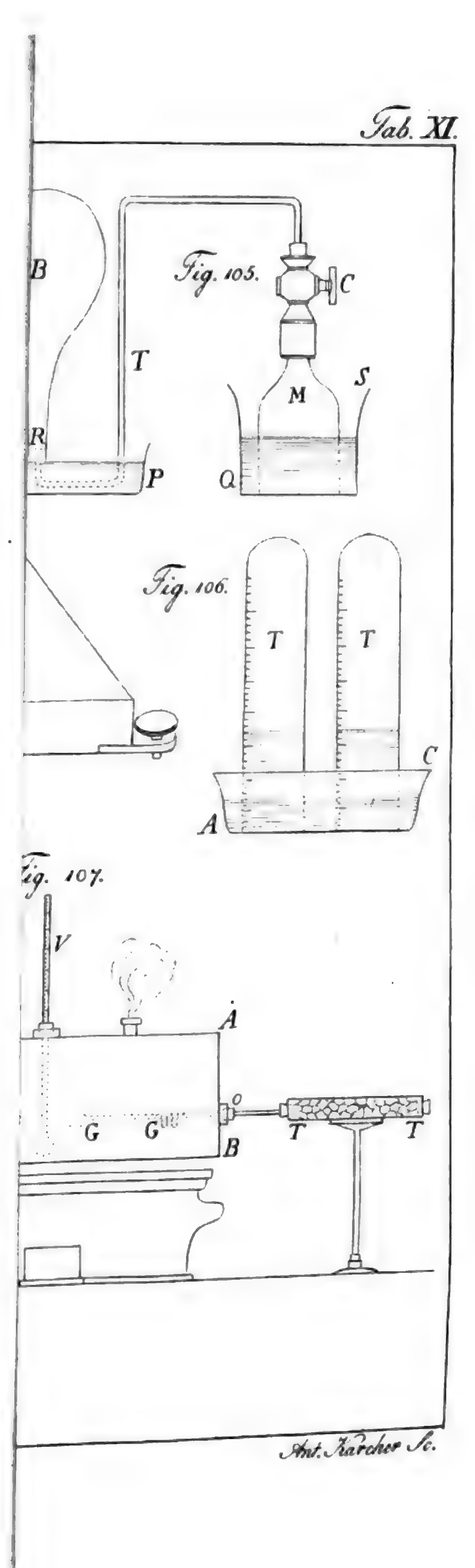
Tab. X.



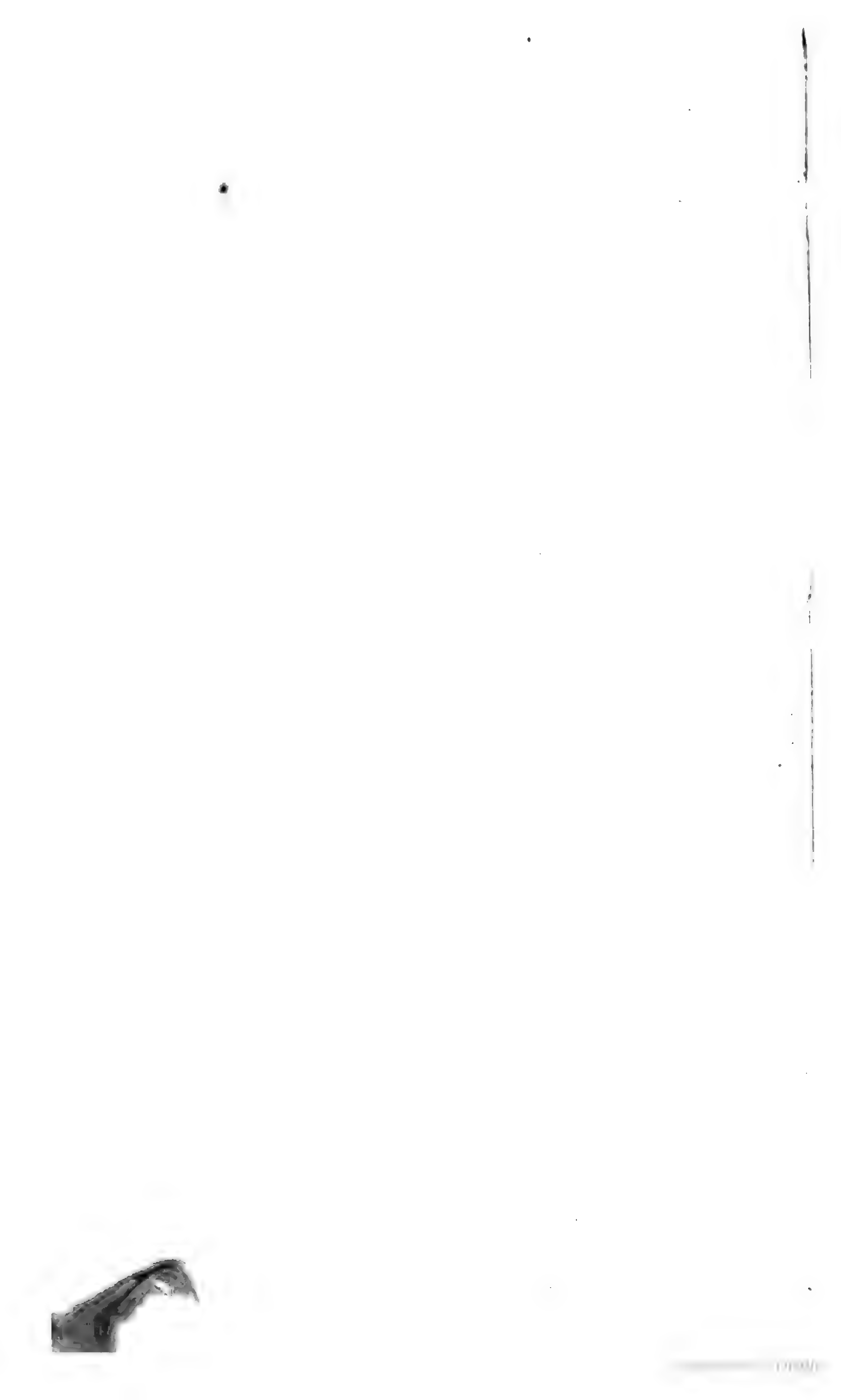
Ant. Karcher Sc.



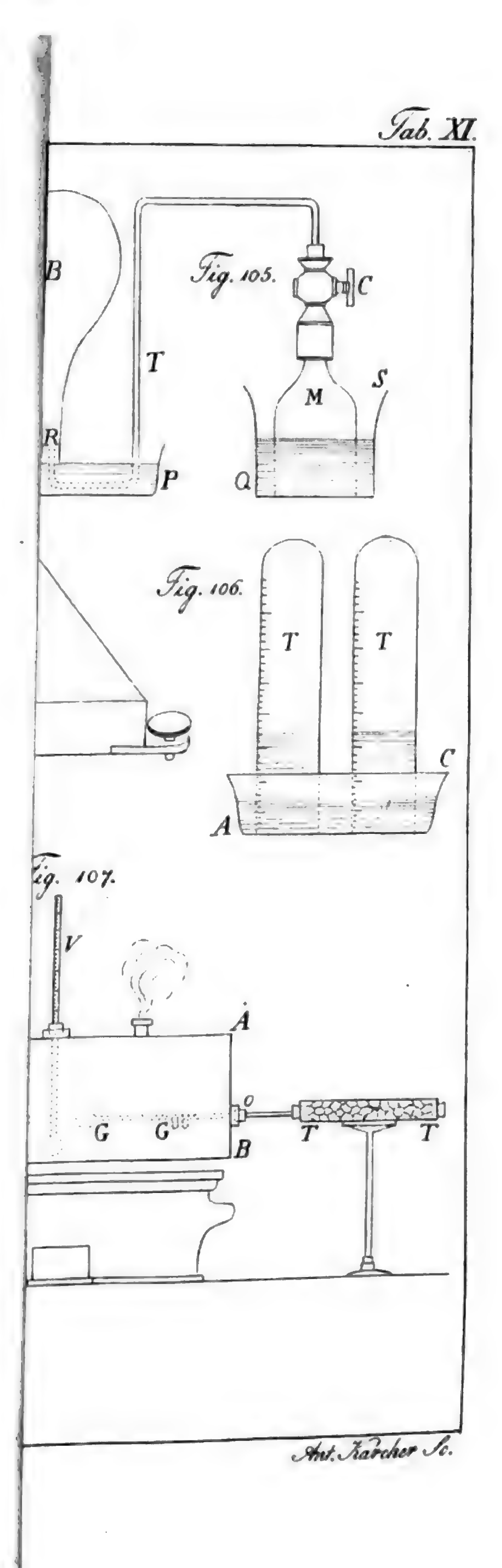
Tab. XI.



Ant. Karcher Sc.

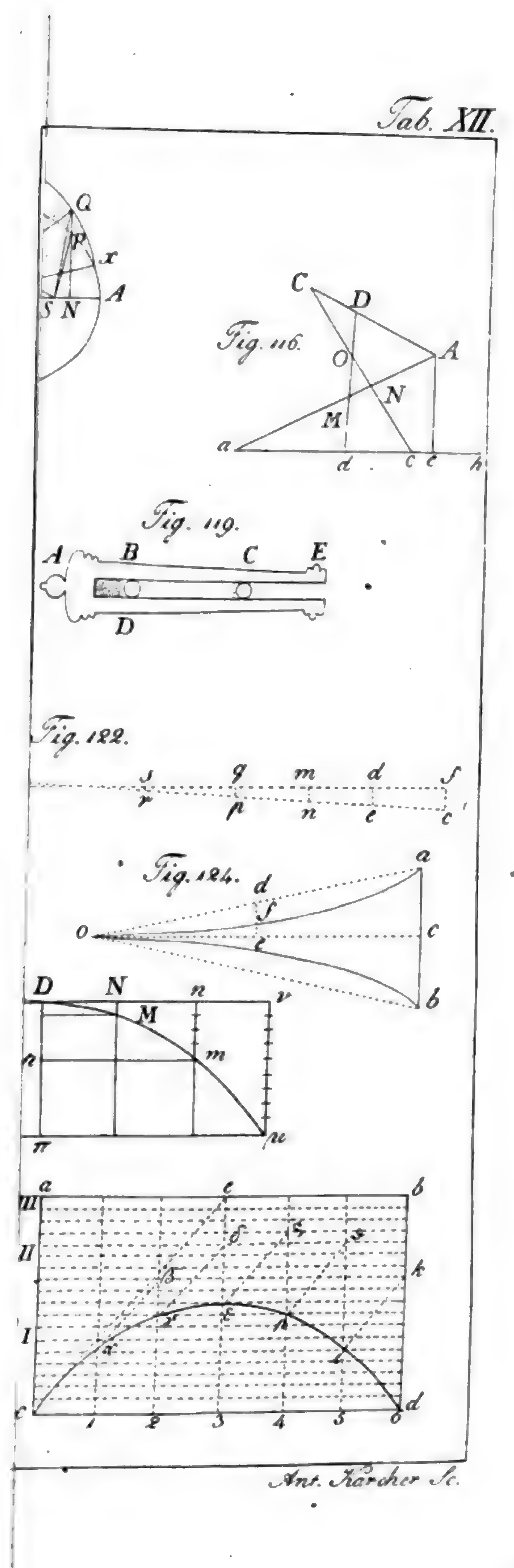


Tab. XI.

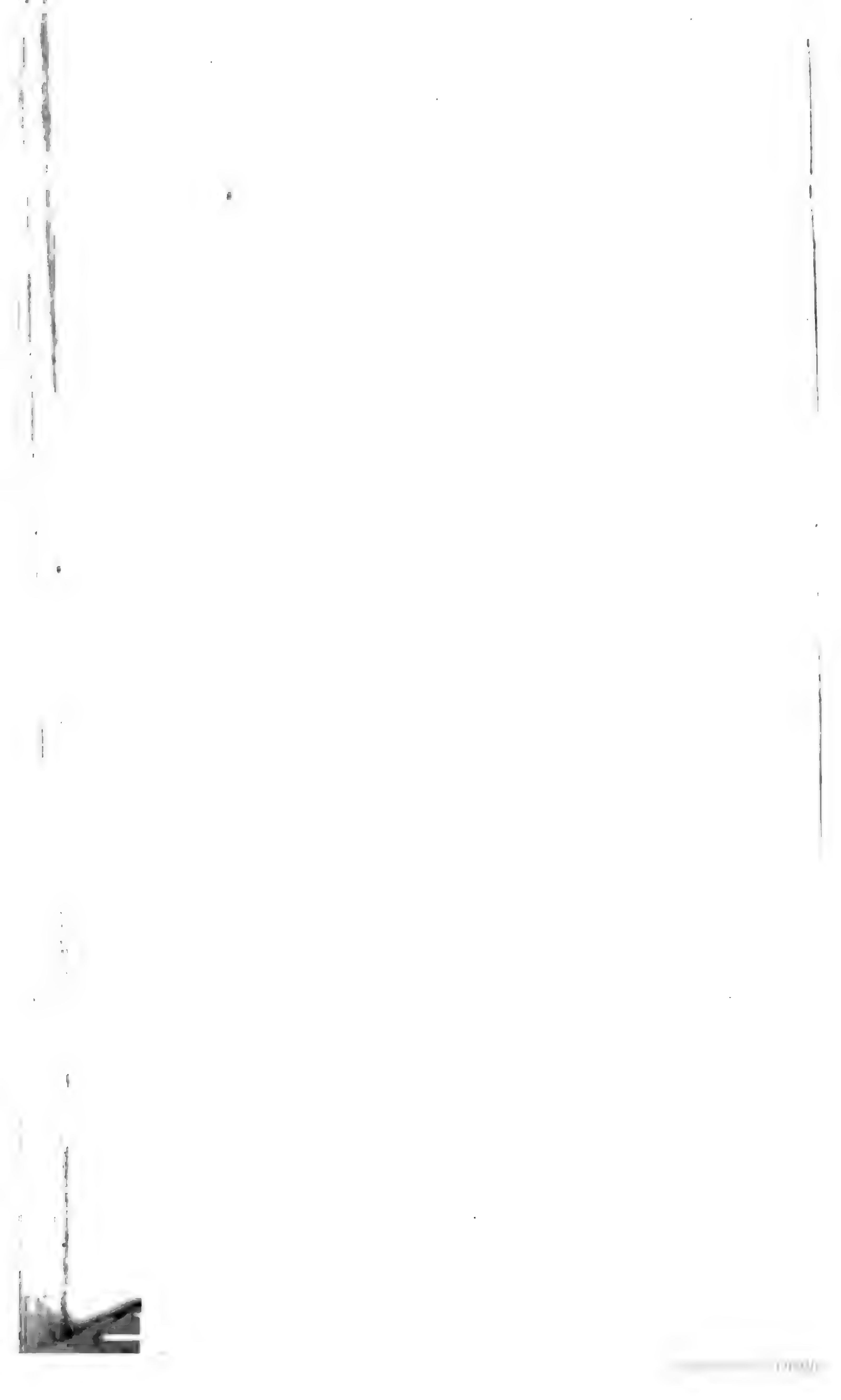


Ant. Karcher Sc.

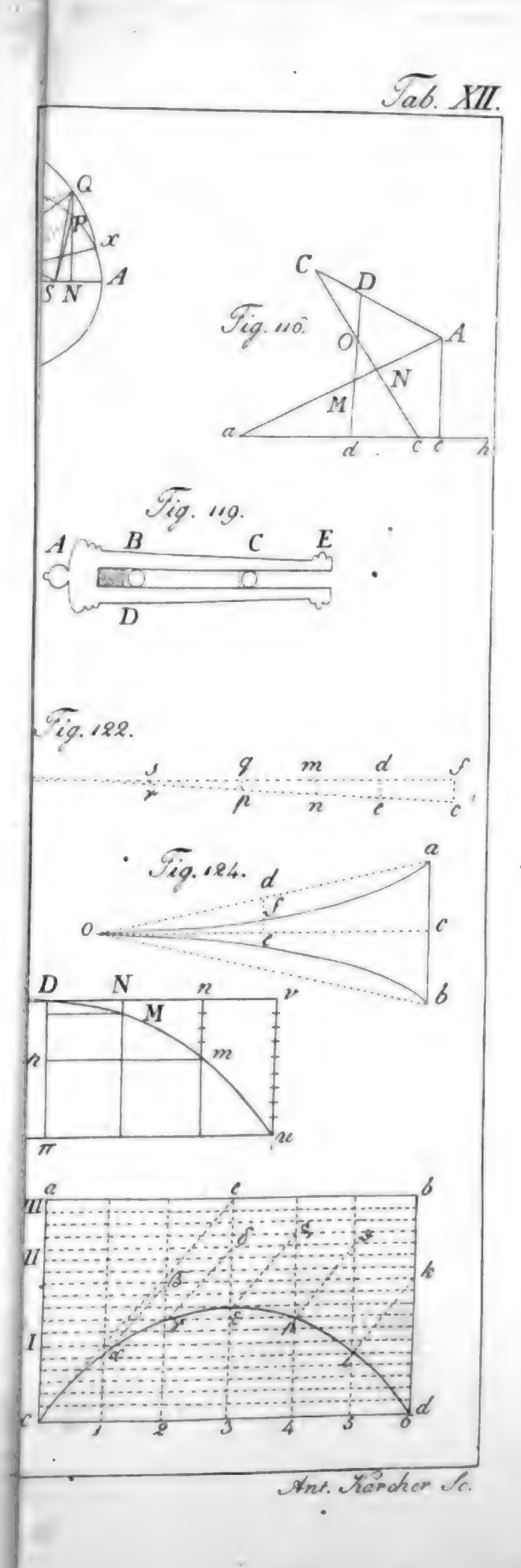




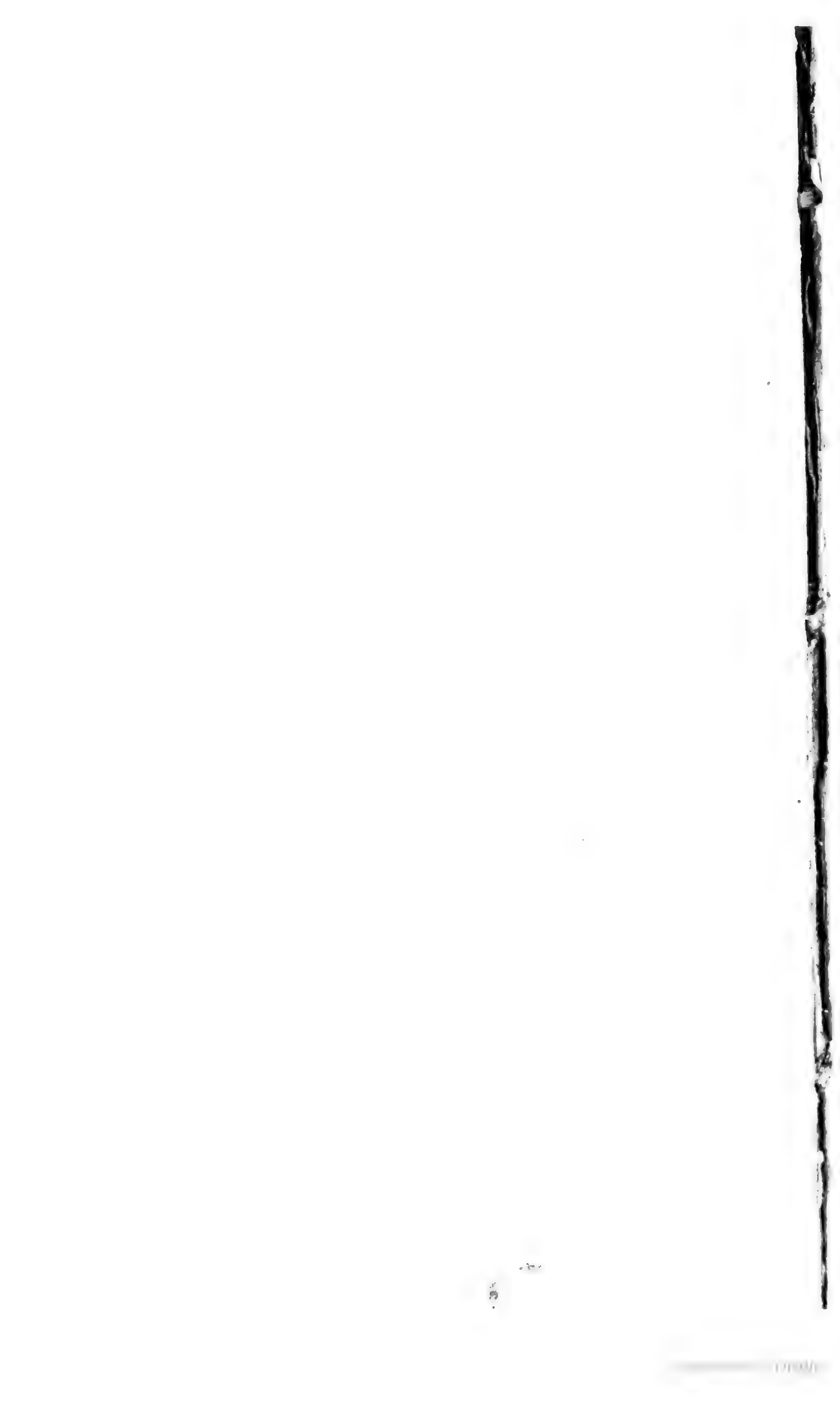
Ant. Karcher Sc.



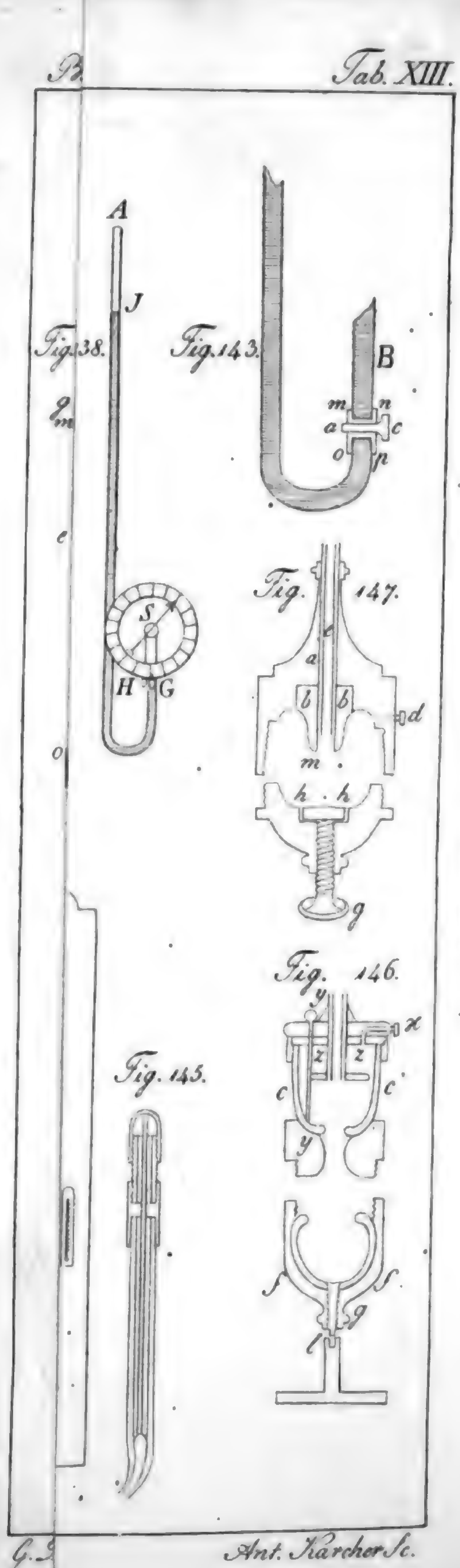
Tab. XII.



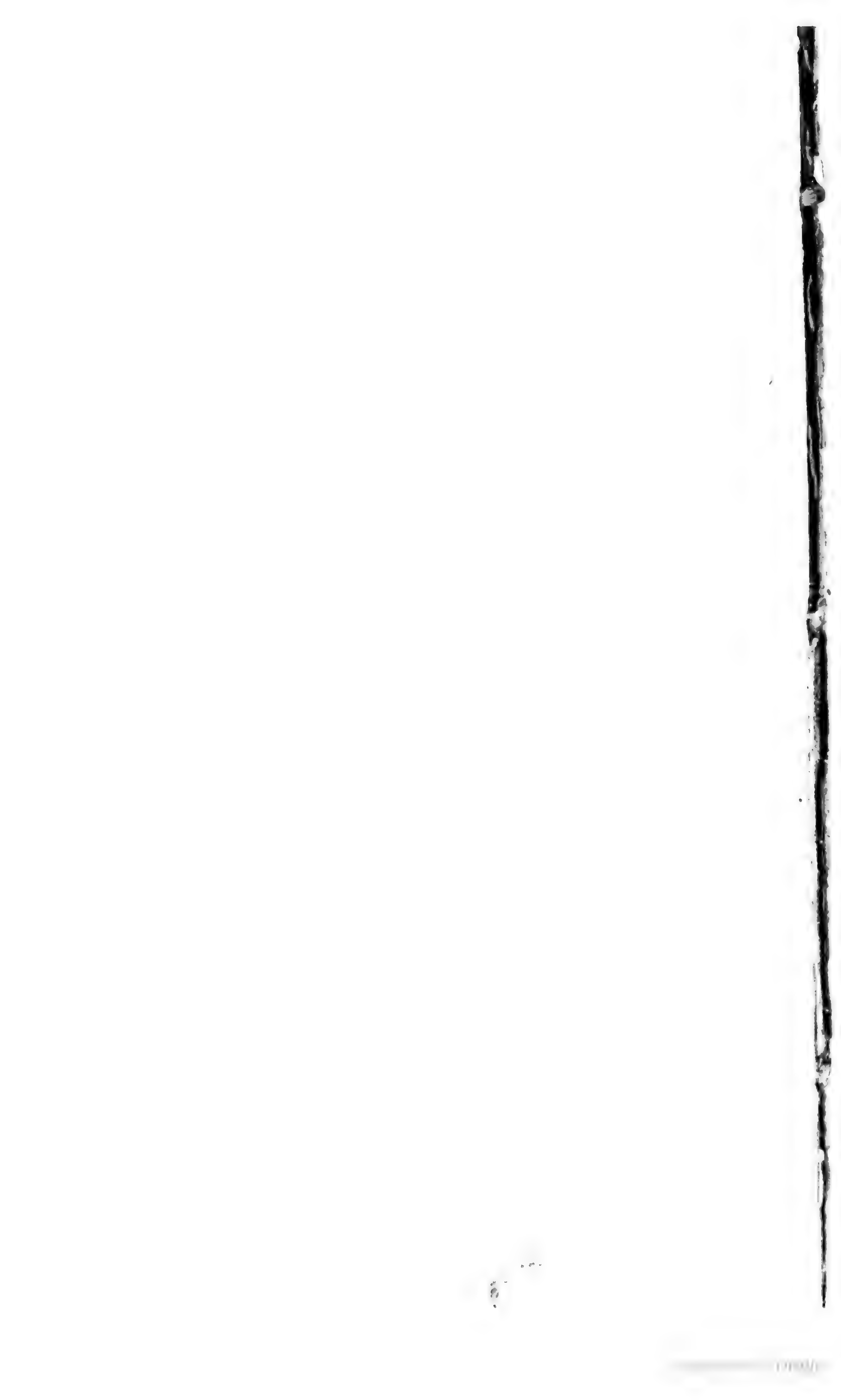
Ant. Karcher Sc.



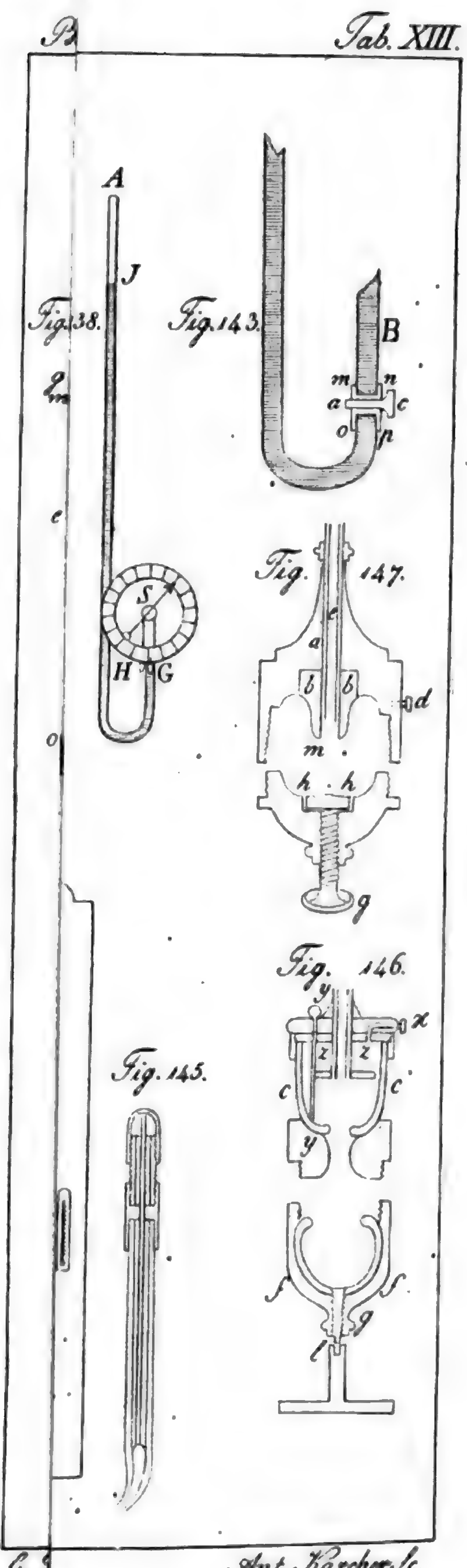
Tab. XIII.



Ant. Karcher Sc.



Tab. XIII.



Ant. Karcher Sc.

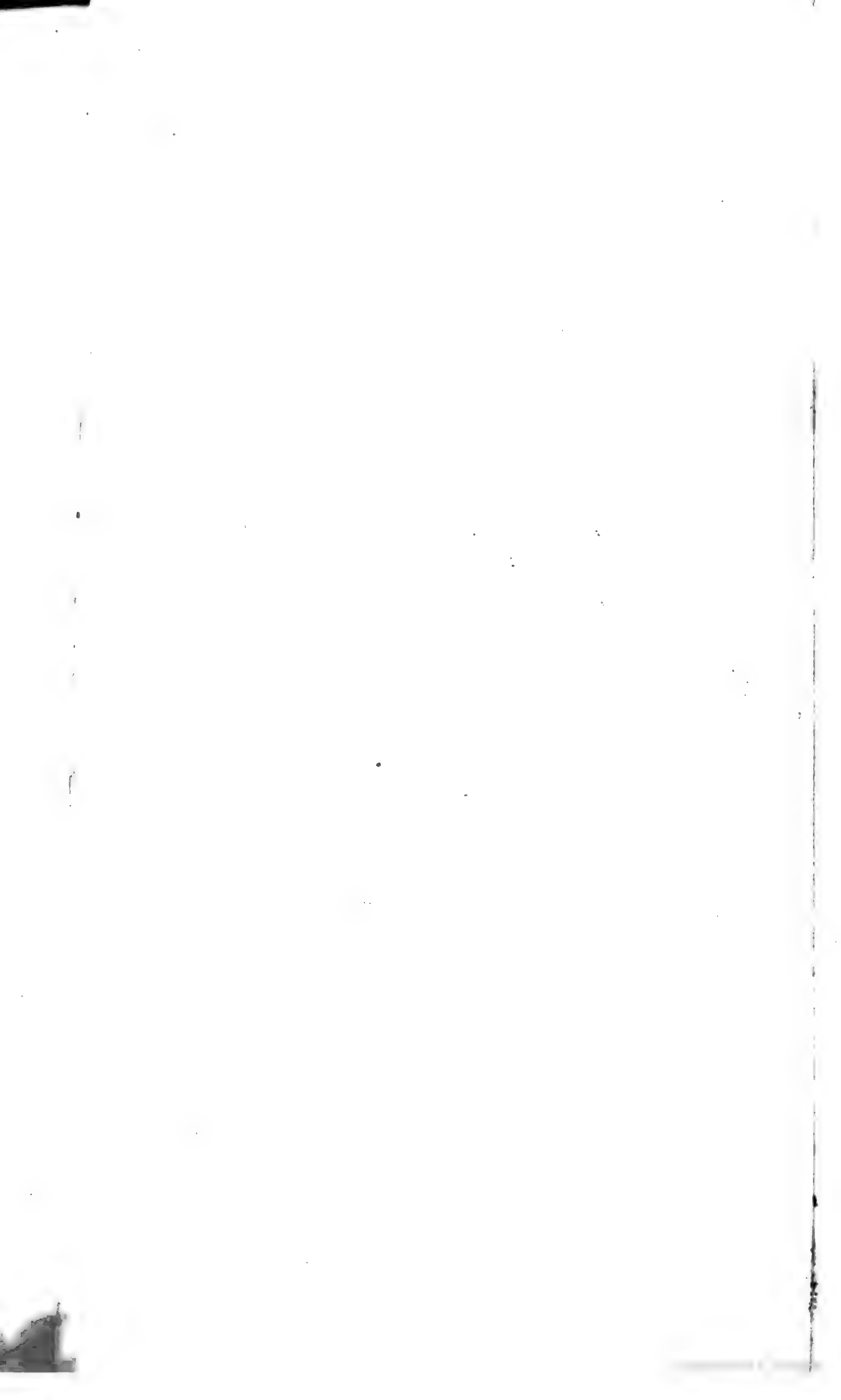
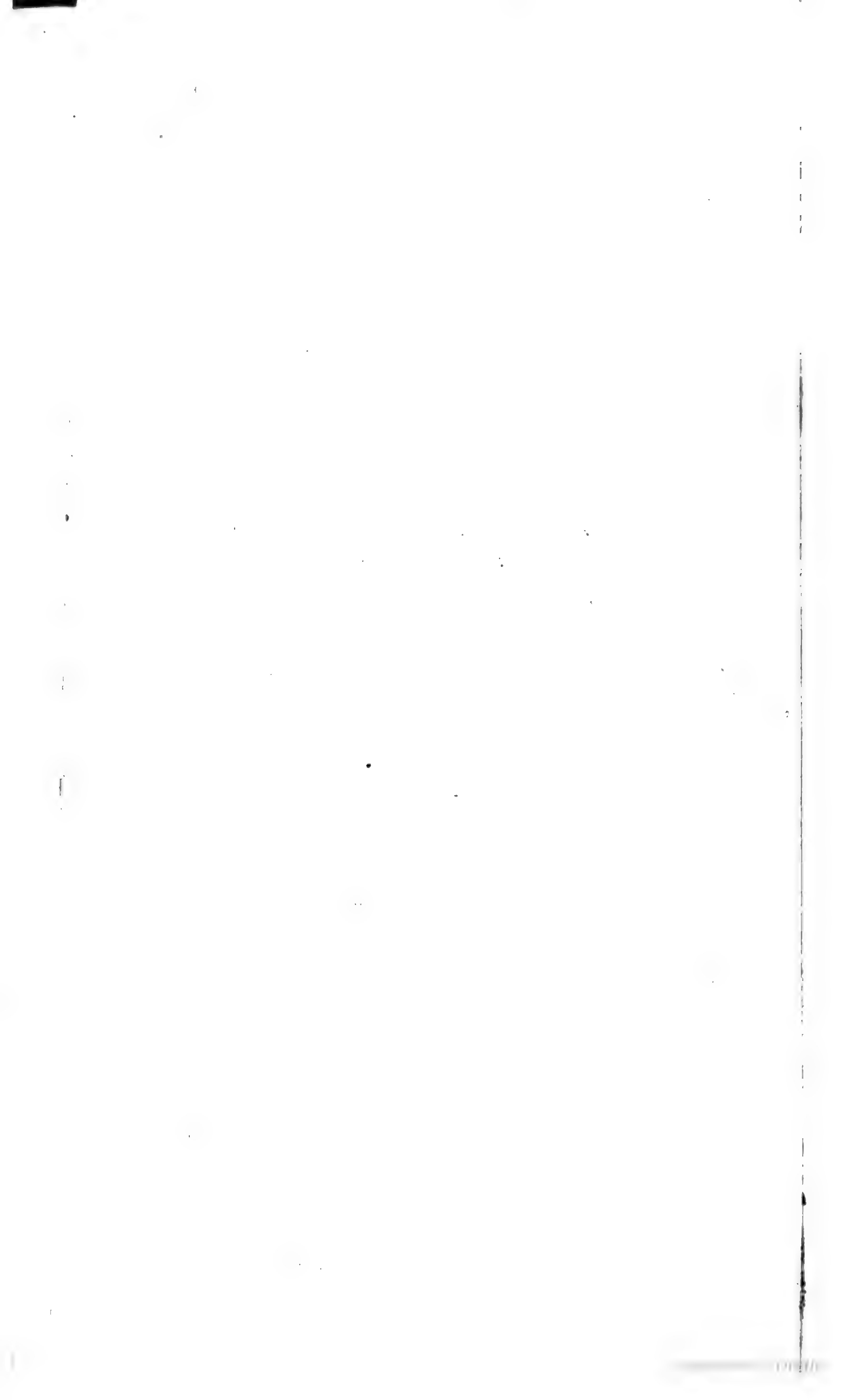


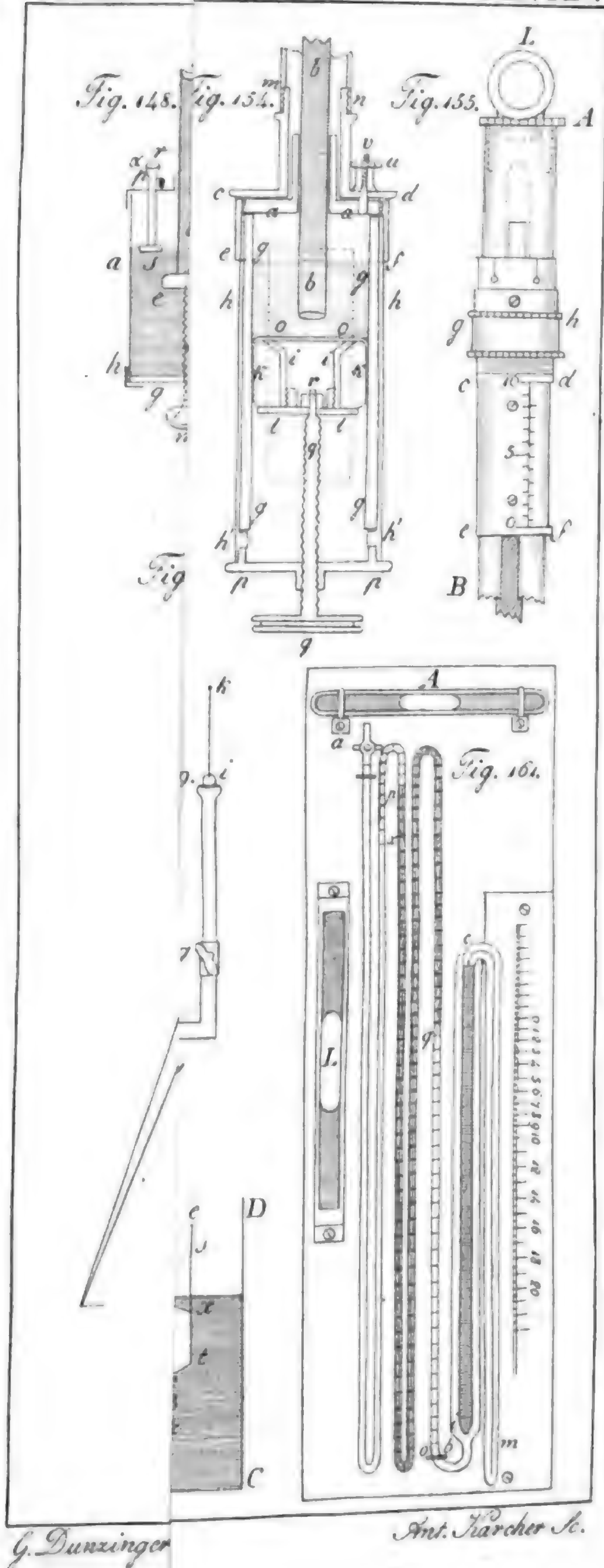
Fig. 148. Fig. 154. Fig. 155.

Fig.

Fig. 161.

G. Dunzinger Ant. Karcher Sc.





G. Dunzinger Ant. Karcher Sc.

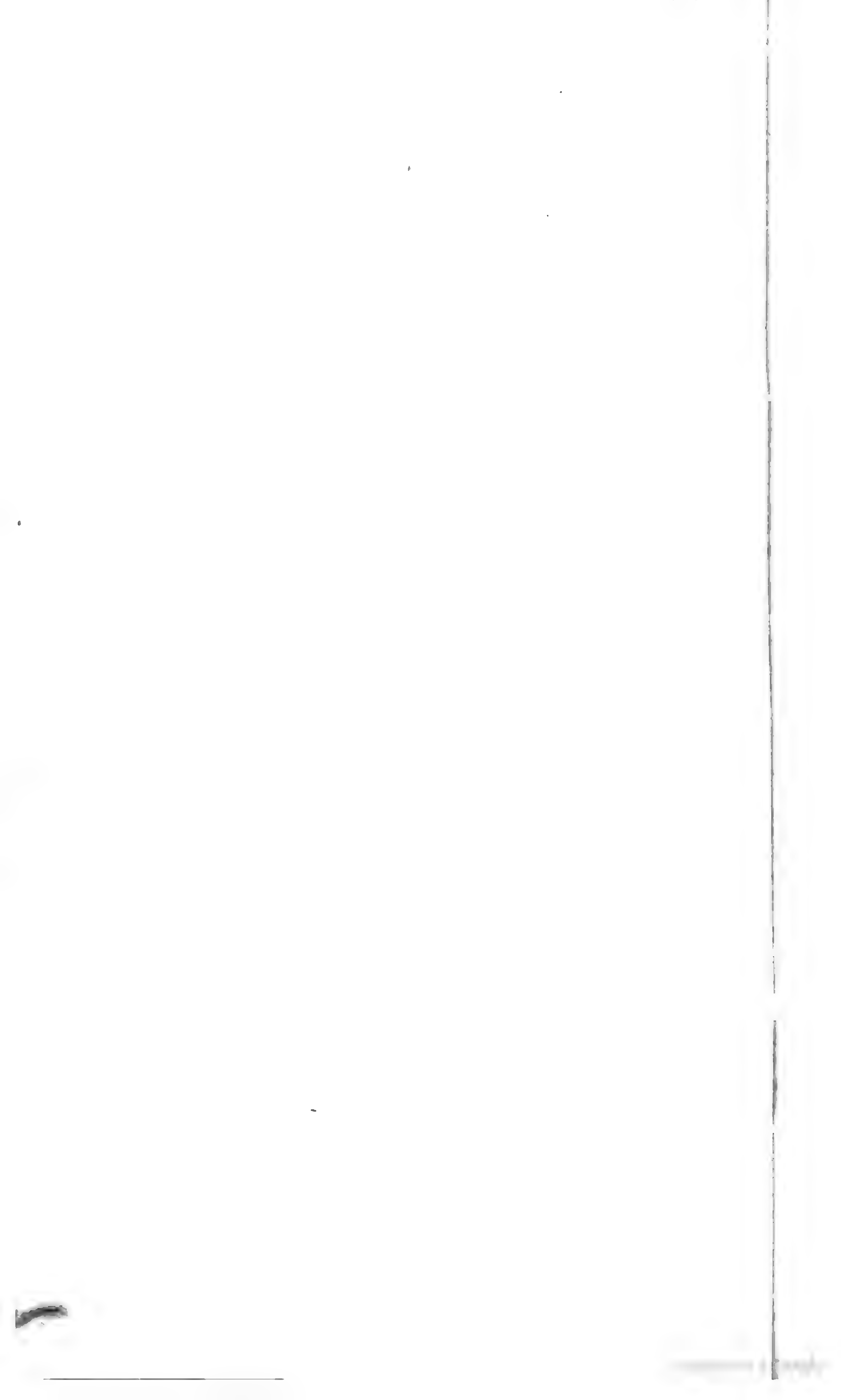


Fig. 171.

Fig. 165.

Fig. 176.

Fig. 178.

Fig. 180.

G. Dunzing Ant. Kärcher Sc.

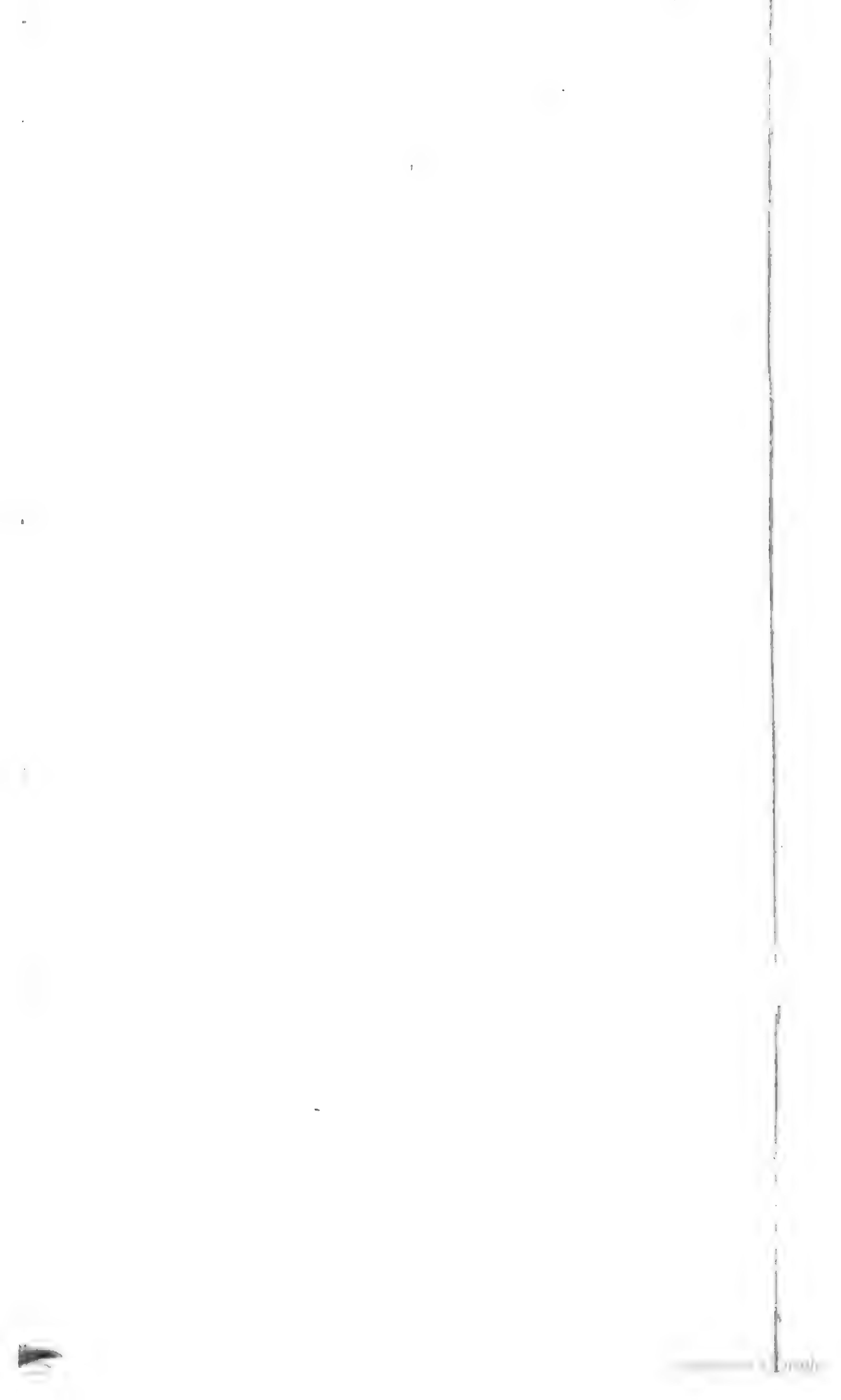


Fig. 171.

Fig. 165.

Fig. 176.

Fig. 178.

Fig. 180.

G. Dunzing. Ant. Karcher Sc.

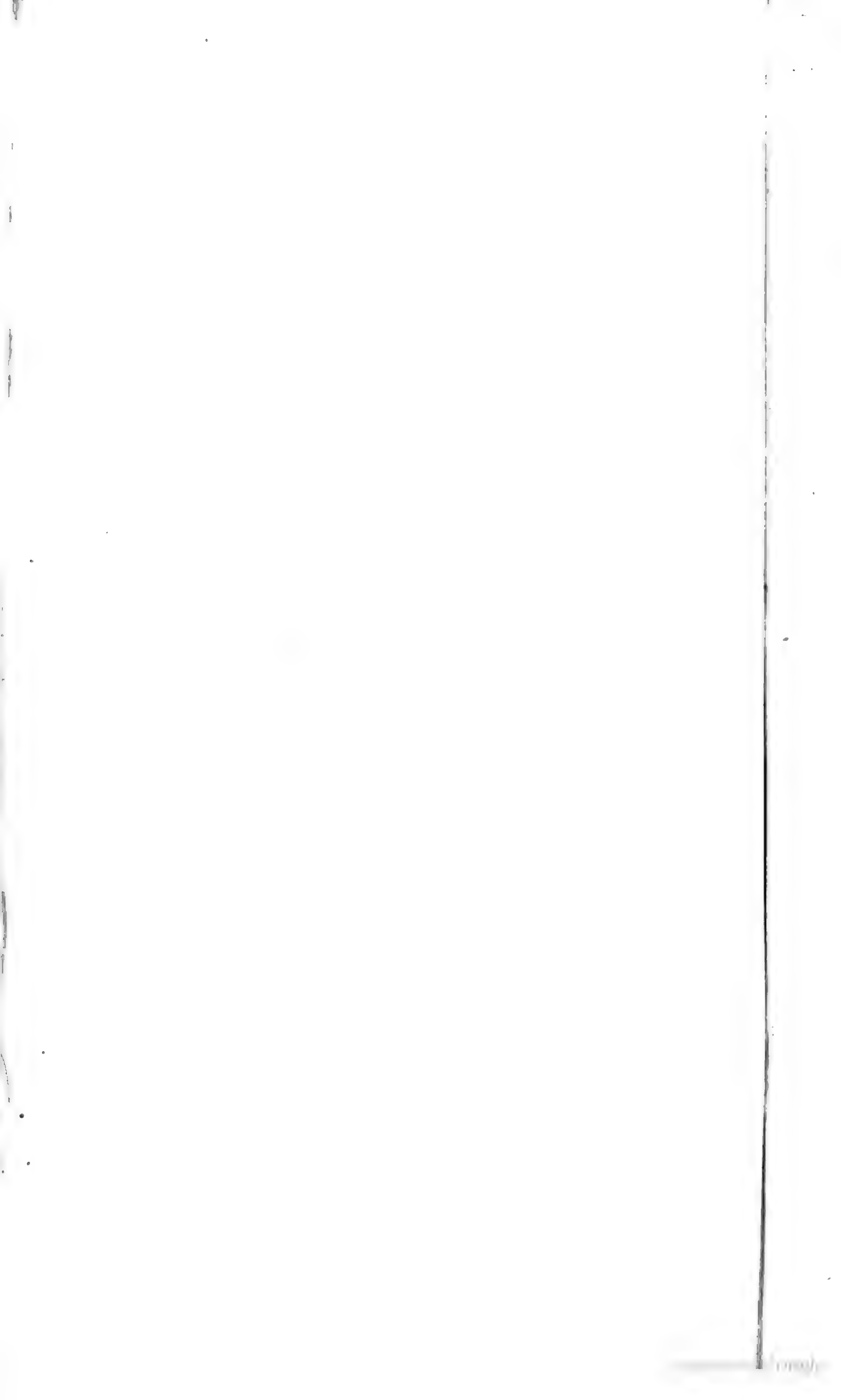


Fig. 181.

Fig. 189.

Fig. 190.

Fig. 191.

Fig. 194.

Fig. 195.

Fig. 198.

G. Dunzinger Ant. Kercher Sc.

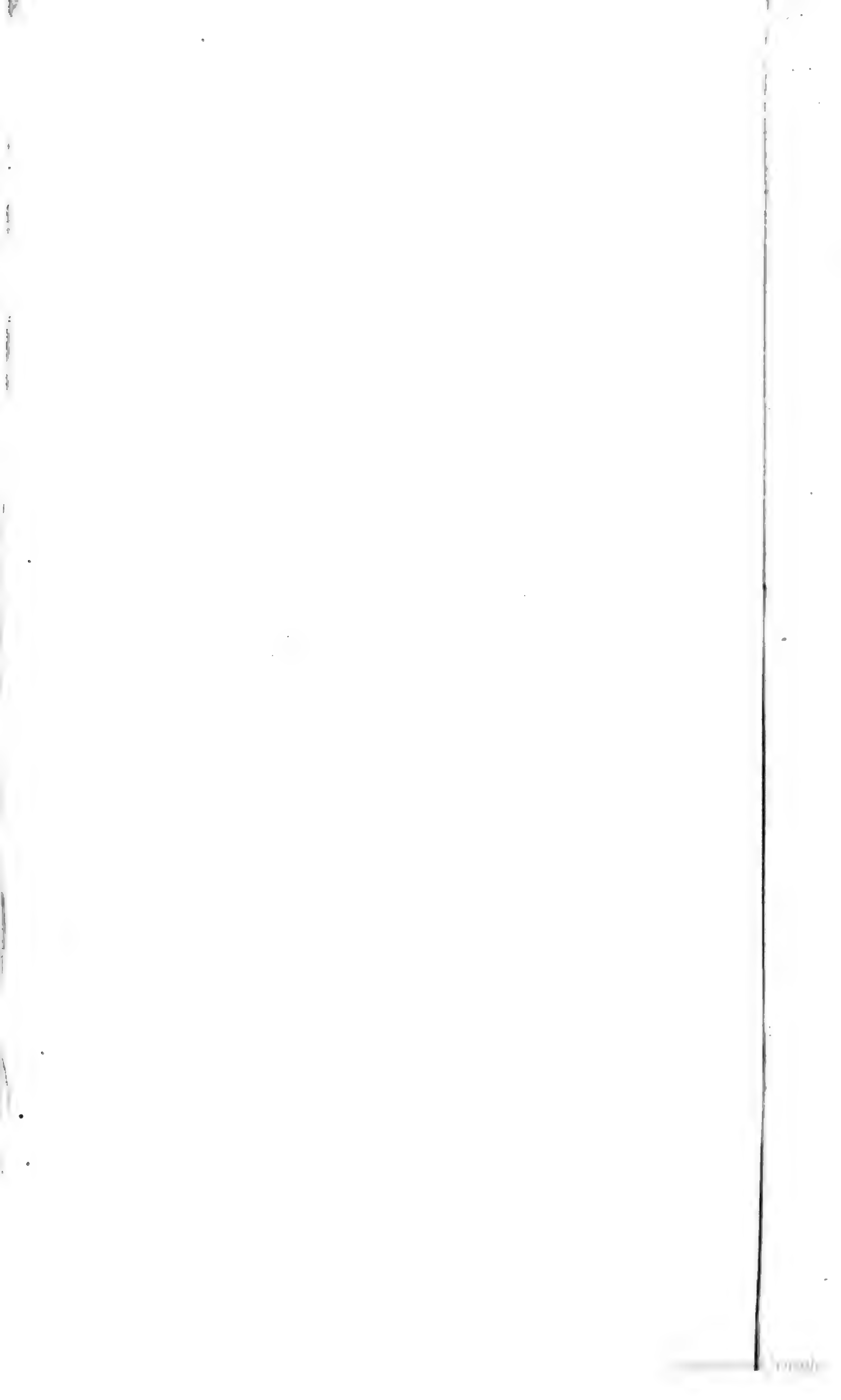


Fig. 181.

Fig. 189.

Fig. 190.

Fig. 191.

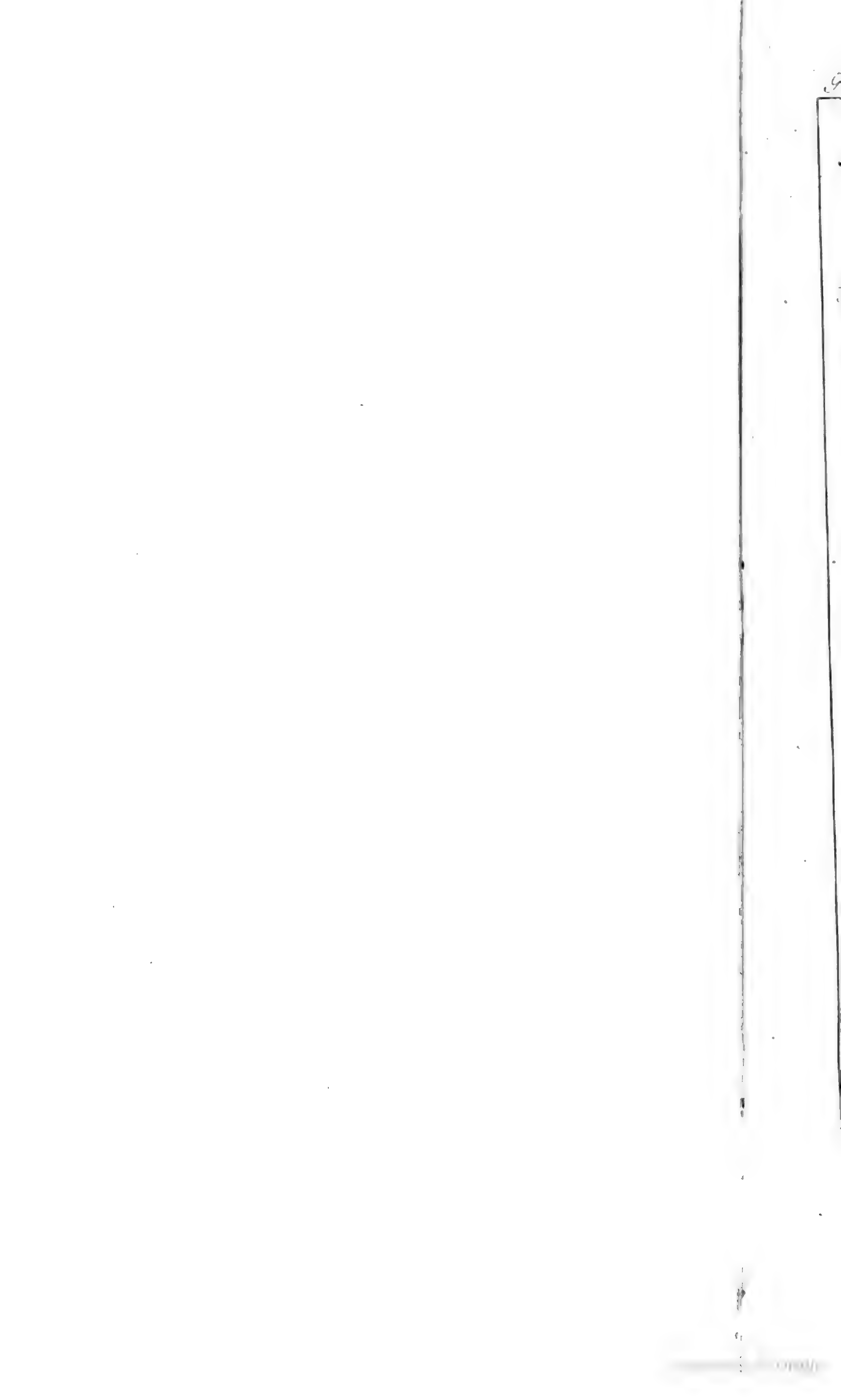
Fig. 194.

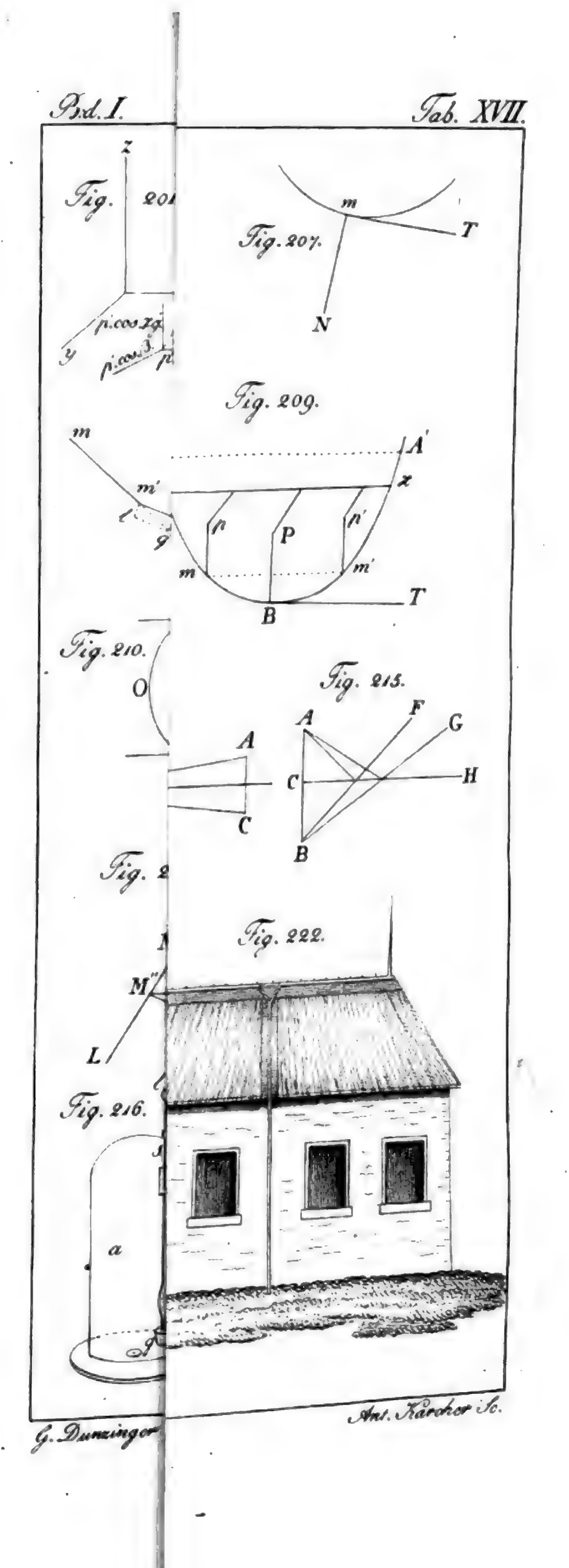
Fig. 195.

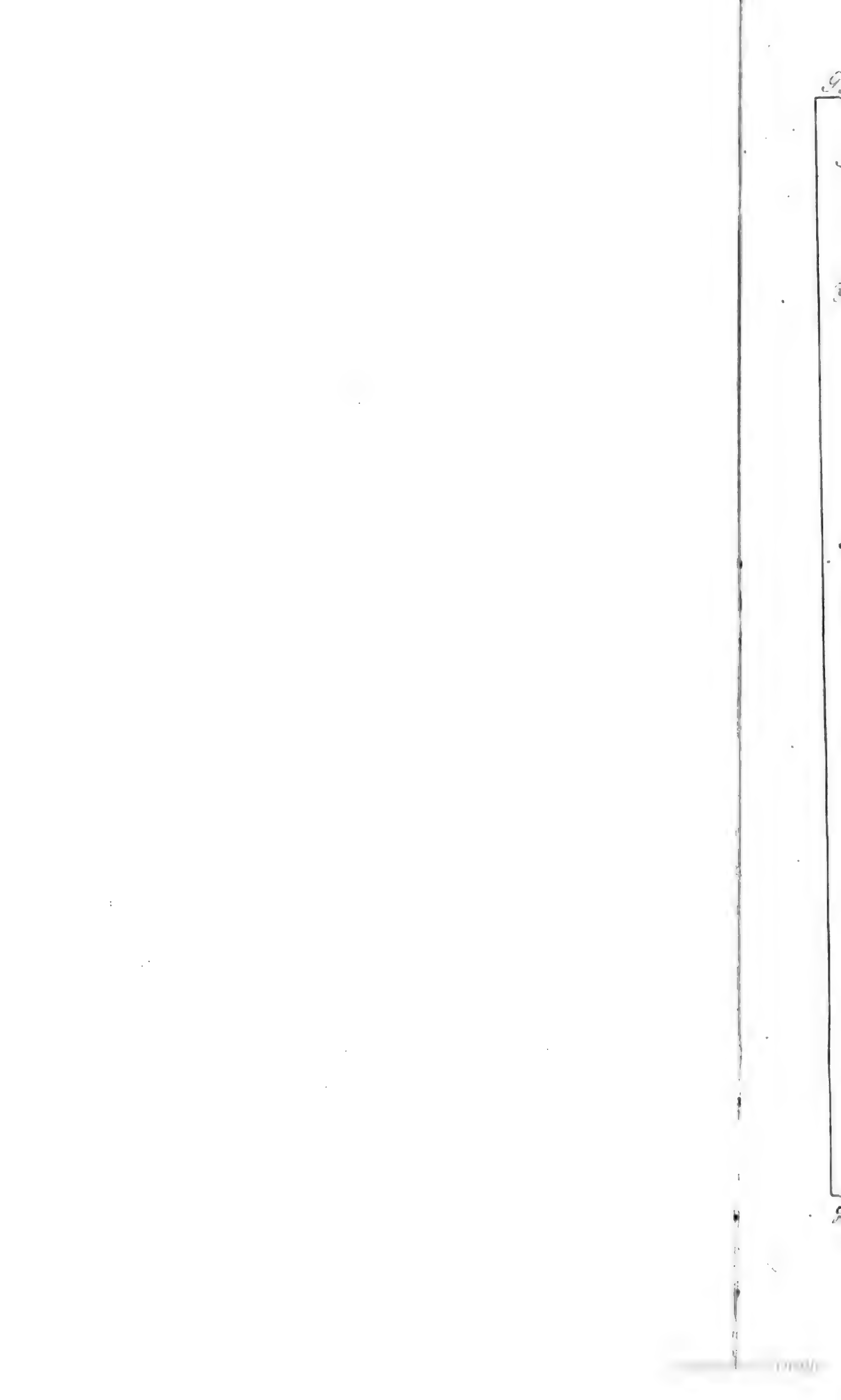
Fig. 198.

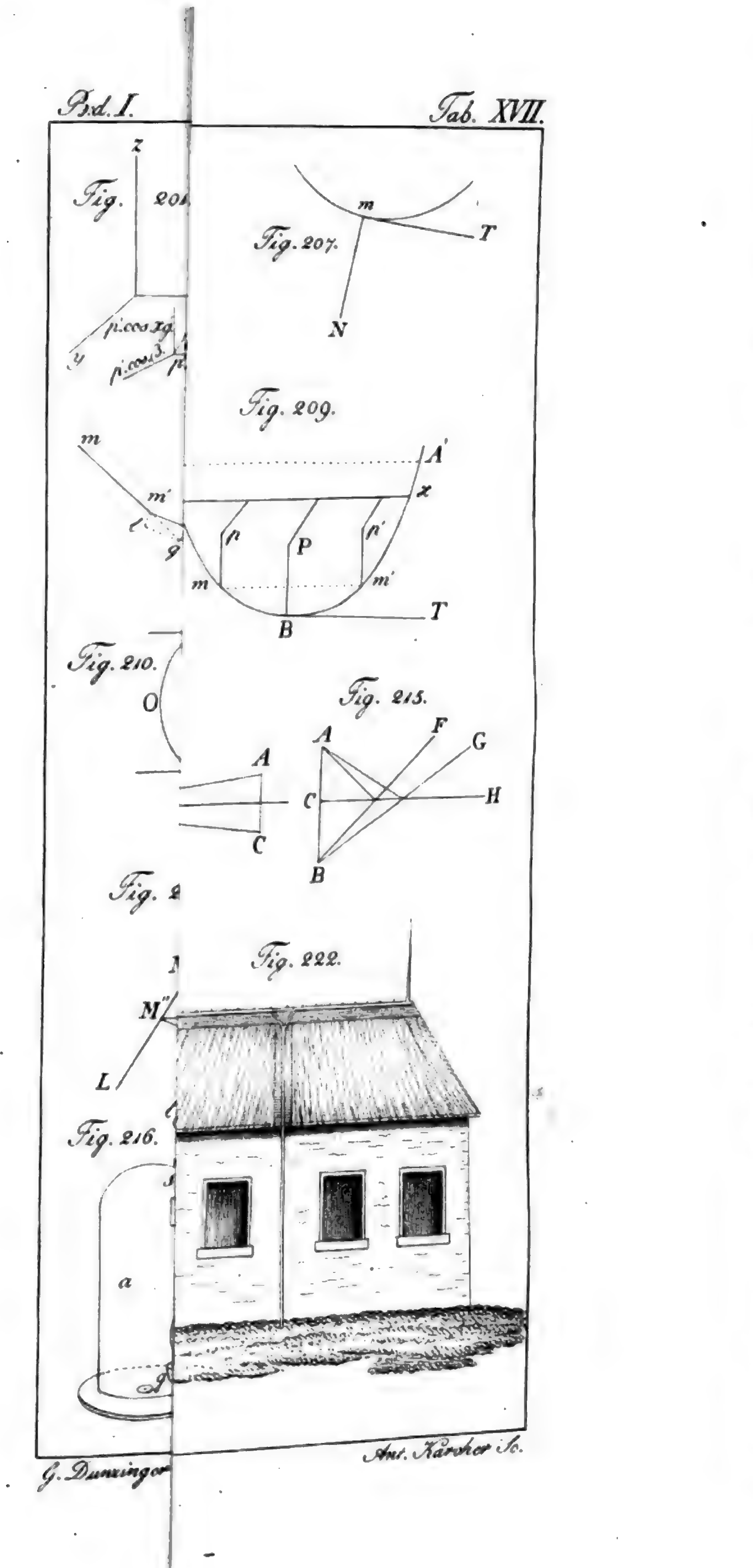
G. Dunzinger

Ant. Karcher Sc.

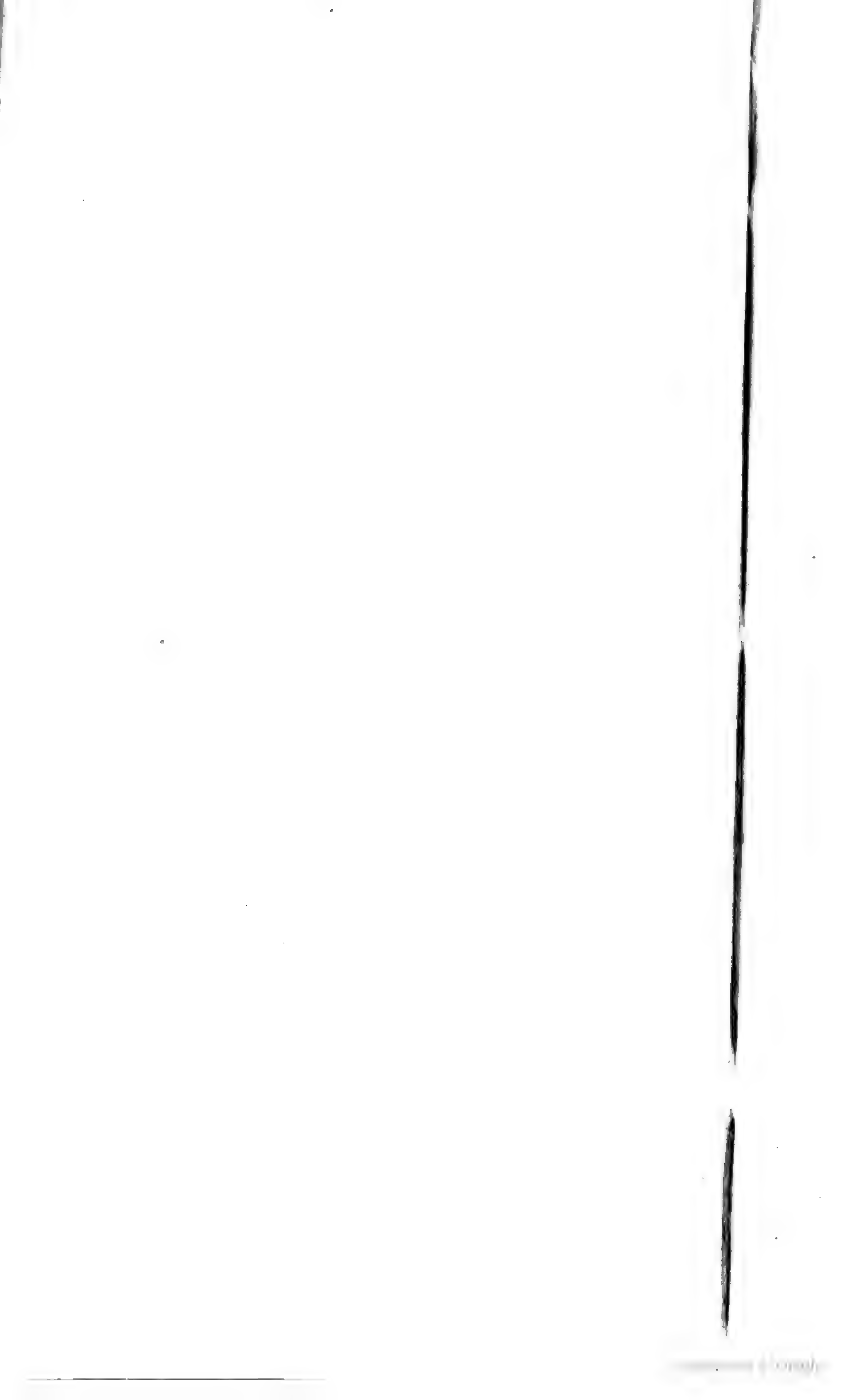


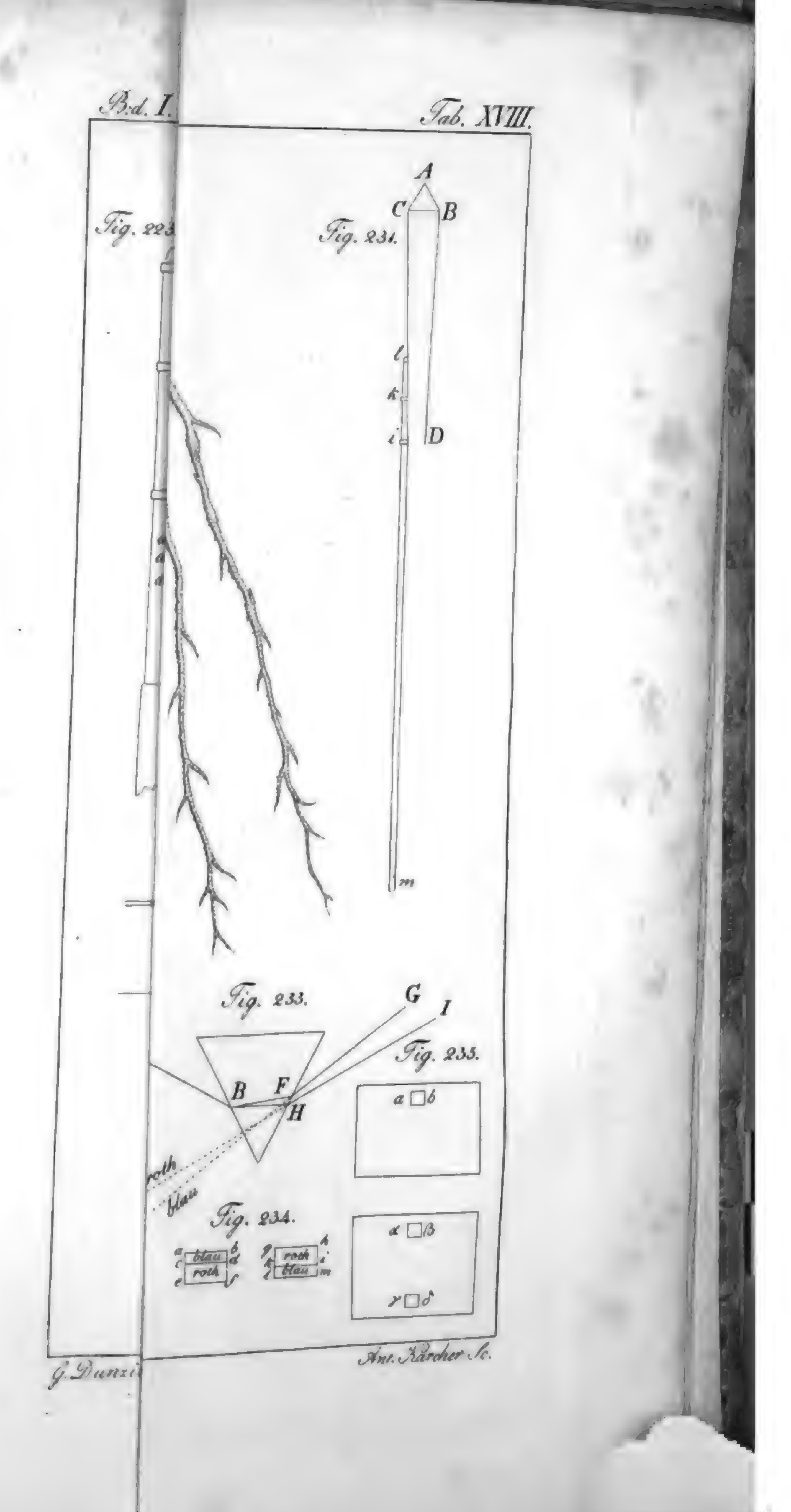

Fig. 201
Fig. 207.
Fig. 209.
Fig. 210.
Fig. 213.
Fig. 222.
Fig. 216.
G. Dunzinger
Ant. Karcher Sc.





Bd. I.
Tab. XVII.
Fig. 207.
Fig. 209.
Fig. 210.
Fig. 215.
Fig. 222.
Fig. 216.
G. Dunzinger
Ant. Karcher sc.





G. Dunzi[…] Ant. Karcher Sc.



Fig. 223

Fig. 231.

A C B l k i D m

Fig. 233.

G I B F H roth blau

Fig. 235.

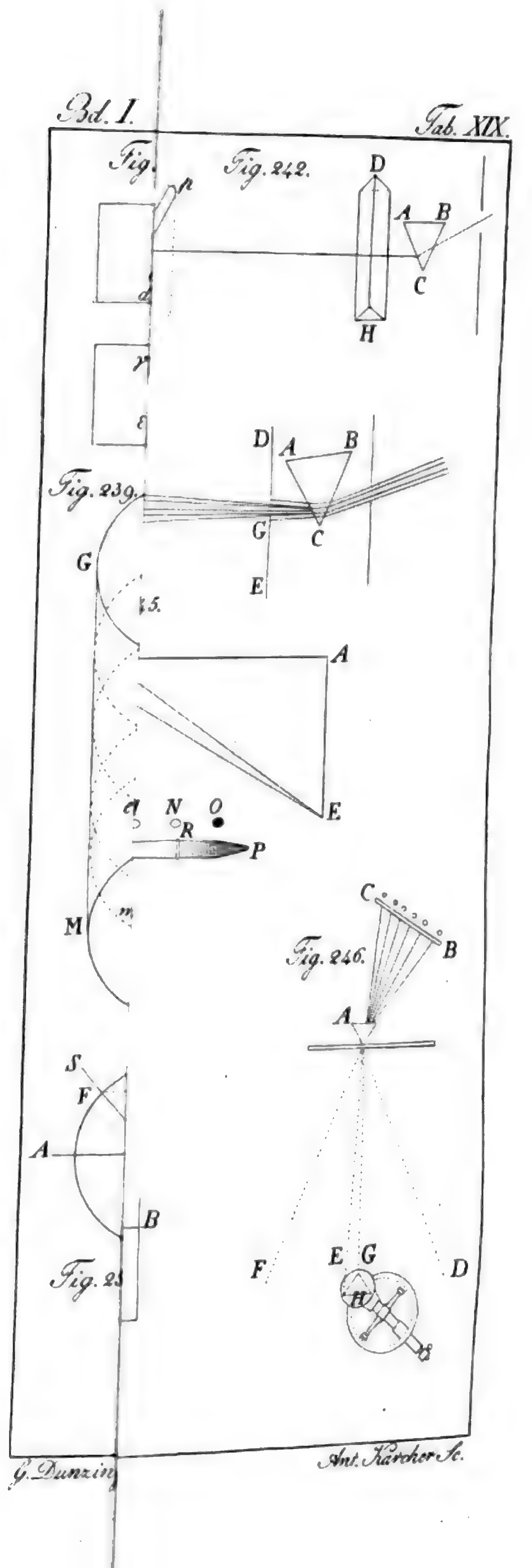
a b α β γ δ

Fig. 234.

a b c d e f blau roth

g h k i l m roth blau

G. Dunzi Ant. Karcher Sc.


Bd. I.
Tab. XIX.
Fig. 242.
Fig. 239.
Fig. 246.
Fig. 25
G. Dunzin
Ant. Karcher Sc.

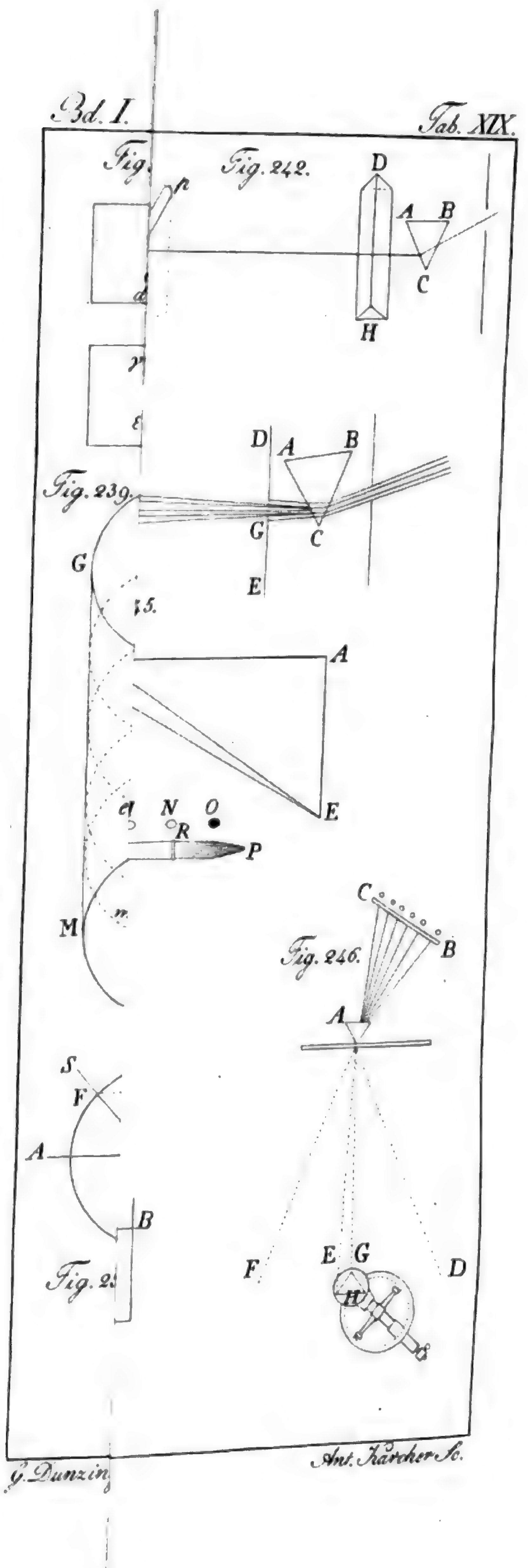

Bd. I.
Tab. XIX.
Fig.
Fig. 242.
D
A
B
C
H
p
d
r
e
D
A
B
Fig. 239.
G
C
G
E
A
E
N
O
R
P
M
C
Fig. 246.
B
A
S
F
A
B
Fig. 2
F
E
G
D
H
G. Dunzin
Ant. Kärcher Sc.

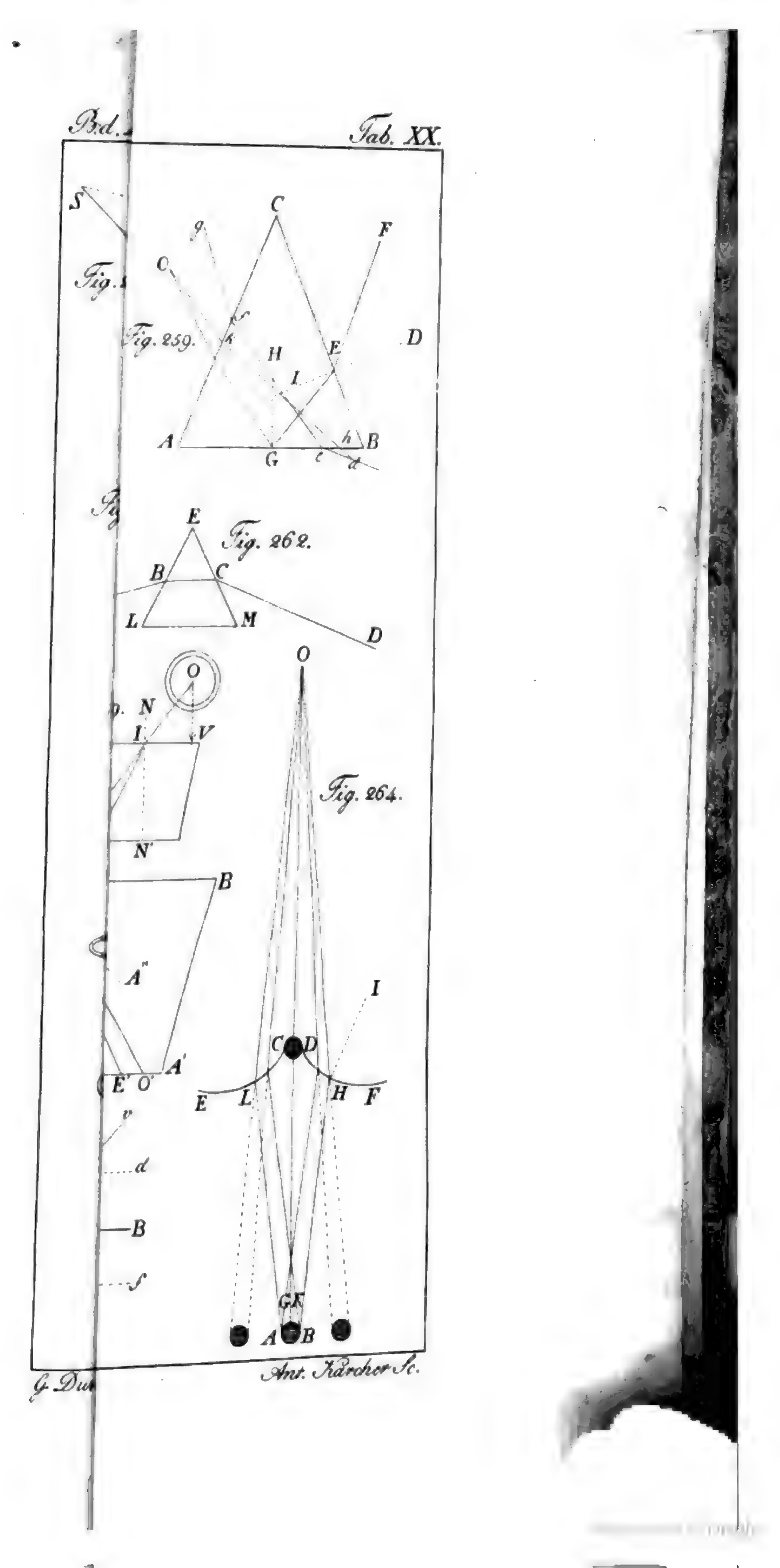
Fig. 259.

Fig. 262.

Fig. 264.

G. Du

Ant. Kärcher Sc.


Bd.
Tab. XX.
S
Fig.
C
g
F
c
f
k
Fig. 259.
E
D
H
I
A
h
B
G
c
d
E
Fig. 262.
B
C
L
M
D
O
O
N
I
V
Fig. 264.
N'
B
A"
I
C
D
A'
E'
O'
E
L
H
F
v
d
B
s
G
F
A
B
G. Du
Ant. Karcher Sc.

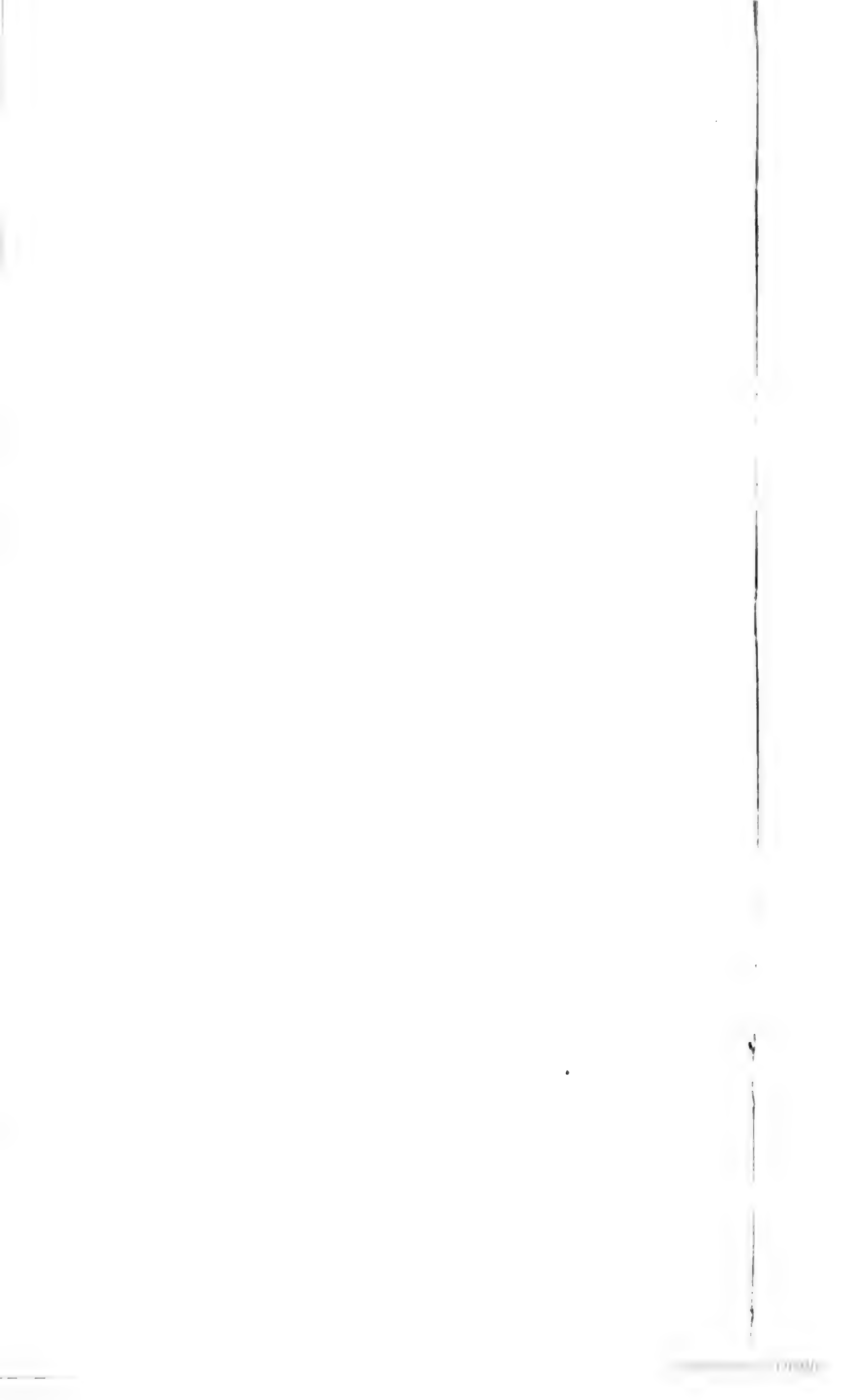


Fig. 274.

Fig.

Fig. 279.

Fig. 27

Fig. 284.

Fig. 28

Fig. 283.

G. Dunz... Ant. Karcher Sc.

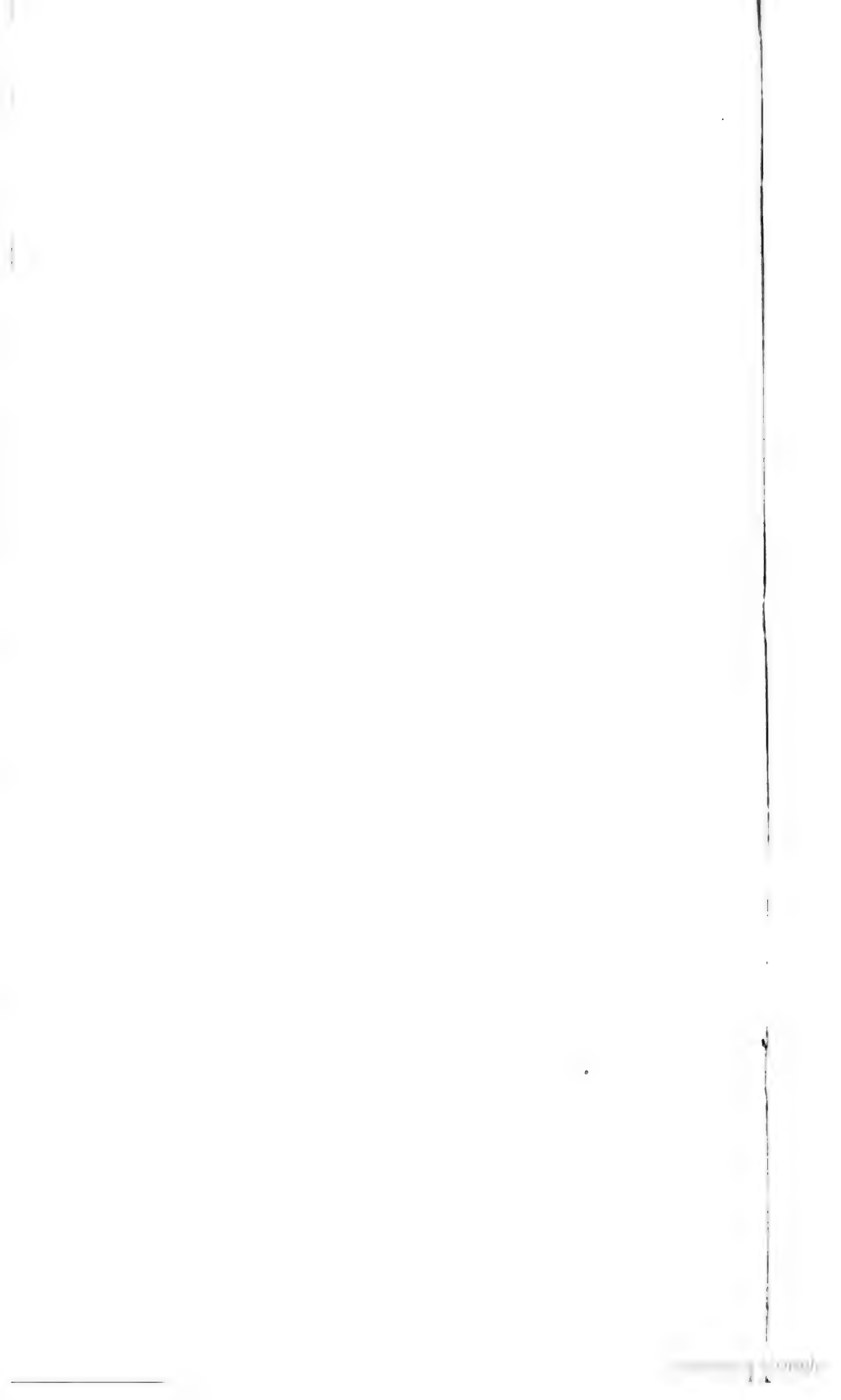


Fig. 274.

Fig. 279.

Fig. 284.

Fig. 283.

G. Dunzi[illegible] Ant. Karcher Sc.

